Série A, n° 3862
N° d'ordre :
4713

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Jean Yongchul LEE

1re THESE. — « **La sardine du golfe du Lion (*Sardina pilchardus sardina* Regan)** »

2e THESE. — **Proposition donnée par la Faculté**

Soutenues le 19-6-1962 devant la Commission d'examen.

MM. TEISSIER, *Président.*
DRACH, DEVILLERS } *Examinateurs.*

PARIS
INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES PÊCHES MARITIMES
59, avenue Raymond-Poincaré

1962

Série A, n° 3862
N° d'ordre :
4713

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Jean Yongchul LEE

1re THESE. — « **La sardine du golfe du Lion (*Sardina pilchardus sardina* Regan)** »

2e THESE. — **Proposition donnée par la Faculté**

Soutenues le *1962 devant la Commission d'examen.*

MM. TEISSIER, *Président.*
DRACH, DEVILLERS } *Examinateurs.*

PARIS
INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES PÊCHES MARITIMES
59, avenue Raymond-Poincaré

1962

FACULTE DES SCIENCES DE L'UNIVERSITE DE PARIS

PROFESSEURS

Doyen..... M. ZAMANSKY

G. JULIA	T Analyse sup. et Algèbre sup.	BRUN	T Mécan. théor. des Fluides
DE BROGLIE	T Théories physiques	LEDERER	T Chimie biologique
PRENANT	T Anatomie et Histol. comp.	Mme DUBREIL	T Mathém. (Agrégation)
GRASSÉ	T Evol. des êtres organisés	Mme LELONG	T Mathématiques (E.N.S.)
PRÉVOST	T Chimie organique	BELLAIR	T Géologie (S.P.C.N.)
CHAUDRON	T Chimie appliquée	COTTE	T Physique électricité
WYART	T Minéralogie et Cristal.	DUBOIS J. E.	T Chimie organique
TEISSIER	T Zoologie	LAMOTTE	T Zoologie (E.N.S.)
MANGENOT	T Biologie vég. (Orsay)	MICHEL A.	T Chimie minérale (Orsay)
AUGER	T Phys. quantique et Relativité	OLMER	T Energétique générale
MONNIER	T Physiologie générale	ROUAULT	T Electricité (Orsay)
PIVETEAU	T Paléontologie	GAUTHIER	T Mécanique appliquée
ROCARD	T Physique (E.N.S.)	BARCHEWITZ	T Chimie physique
CARTAN	T Mathématiques (E.N.S.)	BROSSEL	T Physique atomique
LAFFITTE	T Chimie générale	BUSER	Physiologie comparée
FAVARD	T Géométrie supérieure	CAMUS	Physiologie vég. (B.M.P.V.)
COULOMB	T Physique du Globe	CASTAING	T Physique (Orsay)
Mlle COUSIN	T Biologie animale (S.P.C.N.)	CURIEN	T Minéralog. et Cristallog.
CHRÉTIEN	T Chimie minérale	MOYSE	T Physiologie vég. (Orsay)
DRACH	T Zoologie	NOIROT	Evol. des êtres organisés
KASTLER	T Physique (E.N.S.)	PANNETIER	T Chimie générale (Orsay)
EPHRUSSI	T Génétique	POSSOMPES	T Zoologie
RIVIÈRE	T Géologie (S.P.C.N.) et Sédim.	PULLMANN	T Chimie théorique
GAUTHERET	T Biologie vég. (P.C.B.)	TEILLAC	T Phys. nucl. et Radioact.
LUCAS R.	T Recherches physiques	TONNELAT	T Biologie physico-chim.
THOMAS A.	T Biologie cellulaire	VILLE	T Econométrie
ARNULF	T Optique appliquée	WILLEMART	Chimie (P.C.B.)
MORAND	T Physique Enseignement	DODE	T Chimie (Orsay)
SOLEILLET	T Physique (P.C.B.)	FREYMANN	T Recherches physiques
FORTIER	T Mécanique exp. des Fluides	GUINOCHET	T Biol. vég. (S.P.C.N.) (Orsay)
DANJON	T Astronomie	ROLLET	T Chimie (P.C.B.)
PETIT	T Biologie maritime	Mlle JOSIEN	T Chimie (S.P.C.N.)
QUENEY	T Météor. et Dynam. atmosphér.	CHEVALLEY	T Géom. algébr. Théor. des groupes
GALLIEN	T Embryologie	ARNOULT	T Electronique (Orsay)
EICHHORN	T Botanique	CHAPELLE	T Physique (Orsay)
DE CUGNAC	T Biologie vég. (S.P.C.N.)	DELANGE	T Mathématiques (Orsay)
Mlle CAUCHOIS	T Chimie physique	DENY	T Mathématique génér. (Orsay)
THELLIER	T Physique du Globe	GERMAIN	T Mécan. théor. des Fluides
L'HÉRITIER	T Biologie générale (Orsay)	LUCAS G.	T Géologie
GRIVET	T Radioélectricité (Orsay)	ALLARD	T Chimie physique
PONCIN	T Mécanique générale	BERTHELOT	T Phys. fond. htes Energ. (Orsay)
DUBREIL	T Arith. et Théor des nombres	BRICART	T Météor. et Phys. de l'Atmosphère
QUELET	T Chimie organique	Mme ALBE-FESSARD	Psychophysiologie
CAGNIARD	T Géophysique appliquée	FRIEDEL	Phys. des Solides (Orsay)
CHAMPETIER	T Chimie macromoléculaire	M. JULIA	Etude des Moléc. nat. complexes
CUVILLIER	T Micropaléontologie	LENDER	T Biol. anim. (S.P.C.N.) (Orsay)
JUNG	T Pétrographie	MAGAT	Phys.-chimie des radioélém.
TRILLAT	T Microscop. et Diffract. électr.	Mlle QUINTIN	T Electrochimie
WIEMANN	T Chimie organ. et structur.	MONOD	T Chimie du métabolisme
JACQUINOT	T Spectrosc. Phys. céleste (Orsay)	BENOIT	T Physiol. anim. (Orsay)
VASSY	T Physique de l'atmosphère	DE POSSEL	T Analyse numérique
DESTOUCHES	T Théories physiques	CHARLOT	T Chimie analytique
AMIEL	T Chimie générale	HAISSINSKY	T Radiochimie
HOCART	T Minéralogie et Cristallog.	LEMÉE	T Physiol. vég. (BMPV) (Orsay)
J. P. MATHIEU	T Physique (Optique)	GUÉRIN	T Chimie (M.P.C.) (Orsay)
COUTEAUX	T Biologie animale (P.C.B.)	CHATELET M.	Chimie (P.C.B.)
MAY	T Zoologie (Orsay)	JEAN	T Physique nucléaire (Orsay)
CHOQUET	T Théor. des fonctions et Topol.	MATTLER	T Physique (S.P.C.N.)
FELDMANN	T Biologie vég. marine	MICHEL L.	Phys. théor. htes Energ. (Orsay)
GUINIER	T Phys. des Solides (Orsay)	BERGERARD	Zoologie (Orsay)
JOST	T Physiologie comparée	BERTEIN	Electronique (Orsay)
FORTET	T Calc. des Prob. et Phys. math.	BOUISSIÈRES	Chimie des radioélém. (Orsay)
SCHWARTZ	T Calcul diff. et intégral	Mme COUTURE	Thermodynamique et Méc. Phys.
CHOUARD	T Physiologie vég.	ELLENBERGER	Géol. appl. sur le terrain
MALAVARD	T Aviation (Techn. aéronaut.)	FRANC	Biol. anim. (P.C.B.)
BRELOT	T Calcul diff. et intégral	SCHNELL	Botanique tropicale (Orsay)
NORMANT	T Synthèse organique génér.	STOLKOWSKI	Physiologie générale
BÉNARD	T Chimie minérale	ACHER	Chimie Biol. (Orsay)
BUVAT	T Botanique (E.N.S.)	BAUDOIN	Biologie anim. (P.C.B.)
DUGUÉ	T Statistiques mathématiques	BEAUMONT	Biologie anim. (S.P.C.N.)
SOULAIRAC	T Psychophysiologie	BLAMONT	Géophysique Ionosphère
ULRICH	T Physiologie vég.	BOURREAU	Botanique
MARÉCHAL	T Optique théorique et appl.	CURIE D.	Physique (M.G.P.)
KIRRMANN	T Théories chimiques	DURAND-DELGA	Géologie
CHADEFAUD	T Botanique	FRÉON	T Chimie organique (Orsay)
Mlle LE BRETON	T Physiologie de la nutrit.	HELLER	Physiologie vég.
SALEM	T Mathématiques générales	TORTRAT	Calcul des Probabilités
LELONG	T Applic. de l'Analyse à la Géom.	CAILLEUX	Géologie (S.P.C.N.)
DEVILLERS	T Anatomie et Histol. comp.	MAGNAN	T Physique (S.P.C.N.)
EHRESMANN	T Topologie algébrique	DAUDEL	T Méc.ond.appl.Chim.th.Phys.nucl.
FRANÇON	T Physique (S.P.C.N.)	Mlle FOURCROY	Biol. vég. (S.P.C.N.)
GLANGEAUD	T Géogr. phys. et Géol. dynam.	Mme CHOQUET-BRUHAT	T Méc. anal. et Méc. céleste
GODEMENT	T Mathématiques (M.P.C.)	Mlle VEIL	Physiologie générale
PISOT	T Techn. math. de la Phys.	LWOFF	T Microbiologie
ROCH	T Géologie	SIESTRUNCK	T Mécan. phys. et expér.
SCHATZMAN	T Astrophysique	LACOMBE	T Métallur. des métaux nucl.
TERMIER	T Paléontologie stratig.	BROCHARD	T Physique (P.C.B.) (Orsay)
ZAMANSKY	T Mathématiques générales	CABANNES	T Mécanique générale
LENNUIER	T Physique (M.G.P.)	LESIEUR	T Mathématiques (M.P.C.) (Orsay)
RIZET	T Génétique (Orsay)	MAZET	T Mécanique générale (Orsay)
ROUTHIER	T Géologie appliquée	CAIRE	Géogr. phys. et Géol.
Mme TONNELAT	T Physique théorique	COMOLET	Mécanique des Fluides
DIXMIER	T Mathématiques (M.P.C.)	CORABŒUF	Physiologie anim.
SOUCHAY	T Chimie générale	DELLOUE	Physique de l'exosphère
AIGRAIN	T Electrotechnique génér.	GORENFLOT	Botanique II (Orsay)
BRUSSET	T Chimie systématique	HOUILLON	Biologie anim. (P.C.B.)
M. LÉVY	T Phys. théor. htes Energ. (Orsay)	JULLIEN J.	Chimie (P.C.B.)
Mme CHAIX	T Chimie biologique	MALGRANGE	Tech. math. de la Phys.
Mme HUREL-PY	Biologie végétale (P.C.B.)	OLIVIER	Anthropologie
PIAUX	T Chimie (M.P.C.)	NOZERAN	T Botanique II (Orsay)
		BLANC-LAPIERRE	Physique (E.N.S.) (Orsay)

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Secrétaire général..... R. POULLAIN

à Monsieur Jean FURNESTIN,

en respectueux et reconnaissant hommage.

LA SARDINE DU GOLFE DU LION

(*SARDINA PILCHARDUS SARDINA* REGAN)

par Jean Yongchul LEE

SOMMAIRE

Pages

AVANT-PROPOS 7

INTRODUCTION 9

PREMIERE PARTIE

ETUDE MORPHOLOGIQUE

CHAPITRE I

CARACTERES METRIQUES 11

1. - Taille 11

2. - Longueur de la tête 20

3. - Distance prédorsale 22

CHAPITRE II

CARACTERES MERISTIQUES 24

1. - Vertèbres 24

2. - Branchiospines 29

Conclusion de la première partie 33

DEUXIEME PARTIE

BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE

CHAPITRE I

REPRODUCTION 34

1. - Evolution sexuelle et ponte 34

2. - Zones de ponte 37

3. - Œufs et larves 37

A) Morphologie des œufs 37

B) Développement des œufs 41

C) Développement des larves et post-larves 42

CHAPITRE II

CROISSANCE 43

A) Difficultés rencontrées dans l'étude de la croissance de la sardine du golfe du Lion. Méthodes mises en œuvre pour les résoudre 44

B) Sardines de Sète 47

C) Sardines de Marseille et du Roussillon 49

D) Comparaison avec les autres régions 49

Pages

CHAPITRE III

NUTRITION 50

1) Examen quantitatif des contenus stomacaux 50
2) Examen qualitatif 51
3) Relations entre les contenus stomacaux et le plancton 52

CHAPITRE IV

DONNEES SUR LE METABOLISME 53

1. - Teneur en graisse 54

2. - Teneur en eau 57

3. - Evolution du poids en fonction de la taille 57

A) Poids moyen des sardines du secteur de Sète en fonction de la taille 57
B) Variations mensuelles du poids en fonction de la taille 58

4. - Coloration occasionnelle 58

CHAPITRE V

PARASITISME ET TERATOLOGIE 59

1. - Parasites 59

2. - Tératologie 60

CHAPITRE VI

PREMIERES DONNEES SUR L'HEMATOLOGIE ET LA SEROLOGIE 62

Résumé et conclusion de la deuxième partie 64

TROISIEME PARTIE

ECOLOGIE DE LA SARDINE. SON INCIDENCE SUR LA PECHE

CHAPITRE I

HYDROLOGIE DU GOLFE DU LION ET DES ZONES DE PECHE A LA SARDINE 65

A) Hydrologie du golfe du Lion. Caractères généraux 65
B) Hydrologie des zones de pêche 66

CHAPITRE II

LA SARDINE ET LE MILIEU EXTERNE AUX STADES SUCCESSIFS DU DEVELOPPEMENT 69

A) Influence du milieu sur la ponte et le développement des œufs 69
B) Influence du milieu sur les larves et les jeunes 70
C) Influence du milieu sur les adultes 71

CHAPITRE III

RAPPORTS ENTRE LA PECHE ET LES CONDITIONS DE MILIEU 76

A) Rendement de la pêche à Sète en 1959 76
B) Rendement de la pêche dans différents ports du Golfe au cours des récentes années. 77

RESUME ET CONCLUSION GENERALE 81

BIBLIOGRAPHIE 82

ANNEXE 89

TABLE DES FIGURES 101

AVANT-PROPOS

La Corée, en dépit de son caractère de péninsule que deux mers baignent sur 3.800 km, est peuplée de continentaux. C'est peut-être la raison pour laquelle le Coréen considère l'océan comme un élément mystérieux et redoutable. Cet état d'esprit qui était le mien au départ a, sous l'effet de mes études, cédé devant le désir de connaître et donc d'affronter cet univers nouveau. C'est ce sentiment qui, me poussant vers les choses de la mer, m'a orienté vers l'océanographie que je suis venu étudier en France.

Débarquant dans un pays dont les us et coutumes m'étaient totalement inconnus, j'ai dû d'abord en apprendre la langue. Et, pour imparfaites encore que soient mes connaissances en cette matière, je tiens à remercier l'abbé AMOUREUX, *naturaliste à l'Université d'Angers, qui m'en a appris les éléments indispensables pour aborder mes études.*

Je désire témoigner ma gratitude au Professeur DRACH *qui voulut bien m'admettre au cours du 3e cycle d'Océanographie en Sorbonne et qui m'a toujours dispensé avec son enseignement les meilleurs conseils.*

C'est ici aussi que je dois adresser mes plus vifs remerciements à MM. les Professeurs TESSIER *et* DEVILLERS *qui, en acceptant de juger mon travail, m'ont également donné des preuves de leur sollicitude.*

Si j'ai tenu à dédier ce travail à M. J. FURNESTIN *Directeur de l'Institut des Pêches maritimes, c'est qu'après m'avoir accueilli dans son établissement et m'avoir rapidement considéré comme l'un de ses collaborateurs les plus proches, il a soutenu constamment mes efforts et m'a fait bénéficier de son expérience dans l'étude des poissons pélagiques.*

Au cours de plus de trois années passées à l'Institut des Pêches, je me suis beaucoup attaché à lui et lui ai voué une profonde reconnaissance. Qu'il veuille bien en accepter ici le respectueux témoignage.

L'essentiel de mes recherches s'est fait au laboratoire de Sète où j'ai trouvé d'emblée une chaude atmosphère de sympathie et de travail qui m'a beaucoup aidé.

Je ne puis en quelques mots acquitter la dette que j'ai contractée envers le chef de ce laboratoire, M. Claude MAURIN *qui n'a cessé de m'encourager, de m'apprendre des techniques et sans qui je n'aurais pu complètement exprimer mes résultats. Je voudrais pouvoir l'assurer, mieux que ma connaissance de la langue française ne m'y autorise, de ma respectueuse et reconnaissante affection.*

Je dois aussi beaucoup à Mme M.-L. FURNESTIN, *et au Dr* CLERC *qui m'ont apporté, dans leurs spécialités respectives un appui efficace et des conseils éclairés.*

Mes remerciements vont également à mes collègues et camarades de l'Institut des Pêches de Sète et de Paris et en particulier à A. VINCENT, *pour l'amicale sympathie dont ils m'ont entouré.*

Enfin, je n'aurai garde d'oublier M. FRANÇOIS DI MEGLIO, *marin expérimenté entre tous, dont l'aide m'a été si précieuse pour faire en mer les opérations de tous ordres nécessaires à mon entreprise.*

INTRODUCTION

La systématique des Clupéidés est longtemps demeurée confuse. Parmi eux, la sardine, considérée d'abord par les uns comme « un petit hareng » est confondue ensuite par les autres avec le sprat.

Les premières relations sur la sardine, celles de BELON et de RONDELET n'en donnent qu'une description approximative.

En 1792, WALBAUM sépare clairement la sardine du sprat et lui attribue son nom d'espèce, *pilchardus*. Cette distinction n'est pas admise par les naturalistes qui lui succèdent puisque LACÉPÈDE continue à nommer la sardine *Clupea sprattus*.

Quelques années plus tard, en 1826, RISSO examine des exemplaires méditerranéens. Il note des différences morphologiques suffisantes pour faire de la sardine méditerranéenne une espèce particulière : *Clupanodon sardina*.

CUVIER, dans le « Règne animal », reprend le nom d'espèce de WALBAUM. Il l'attribue au « Pilchard des Anglais » ou au « Celan de nos côtes ». Il s'agit, en réalité, de sardines de grande taille. Il fait de la sardine de taille moyenne une espèce différente à laquelle il donne le nom de *sardina* emprunté à RISSO. Pour cet auteur, la sardine et le celan appartiennent tous deux au genre *Clupea*.

Ces confusions indiquent que les caractères morphologiques retenus jusqu'alors sont insuffisants pour différencier les clupes entre eux.

Vers la fin du XIX^{e} siècle, POUCHET, CUNNINGHAN et MARION ajoutent à des descriptions purement morphologiques des observations sur le développement et la ponte. Les connaissances s'étendant, de nouvelles questions se posent. Il devient nécessaire, avec la mise en application de la biométrie, d'étudier sur un grand nombre d'individus les variations morphologiques et biologiques en fonction du milieu extérieur. C'est ce que font, entre autres auteurs, FAGE de 1913 à 1920 et FURNESTIN, de 1940 à 1952.

FURNESTIN définit ainsi quatre races pour l'Atlantique eurafricain et explique leurs migrations en précisant leurs exigences biologiques respectives.

En ce qui concerne plus spécialement la Méditerranée, les travaux ne sont pas rares. Pour le seul bassin occidental, on peut citer ceux de MARION, de FAGE, de NAVARRO et plus près de nous d'ANDREU, de LARRANETA et de RUIVO. Ils sont cependant limités géographiquement ou centrés sur un sujet précis. Ils laissent dans l'ombre de nombreux aspects généraux ou particuliers. Dans ces conditions, une étude monographique s'avèrerait utile mais un travail complet sur les sardines de l'ensemble de la Méditerranée occidentale étant très difficile à réaliser on peut tourner la difficulté en choisissant une région qui constitue une unité géographique et écologique suffisante pour que les conclusions tirées de son étude renseignent sur les autres secteurs de la Méditerranée.

C'est ce que nous avons fait en choisissant pour notre recherche le golfe du Lion, zone bien caractérisée régie par des conditions climatiques et hydrologiques tout à fait particulières qui lui donnent une réelle unité géographique et écologique (fig. 1).

Limité par une ligne allant du cap Creux au cap Sicié, près de Toulon, un vaste plateau continental d'une superficie d'environ 15 000 km^{2} occupe la presque totalité du golfe. Fait exceptionnel en Méditerranée, ce plateau continental peut atteindre et dépasser une largeur de 40 milles marins.

Les fleuves et rivières qui y débouchent donnent à son régime hydrologique une originalité certaine. Ils atténuent jusqu'à le faire parfois disparaître son caractère méditerranéen.

Largeur du plateau continental, conditions hydrologiques tempérées, richesse en plancton, sont autant de facteurs favorables au développement des sardines jeunes et adultes.

Mais le golfe du Lion, tout en ayant une unité incontestable, présente une topographie littorale et des conditions de milieu qui ne sont pas partout identiques.

Il existe trois zones principales de pêche qui correspondent d'ailleurs à autant de sous-régions : Roussillon, Languedoc et Provence.

La première s'étend du cap Creux à La Nouvelle, la seconde de Valras aux Saintes-Maries-de-la-Mer, la troisième se localise dans la région de Marseille.

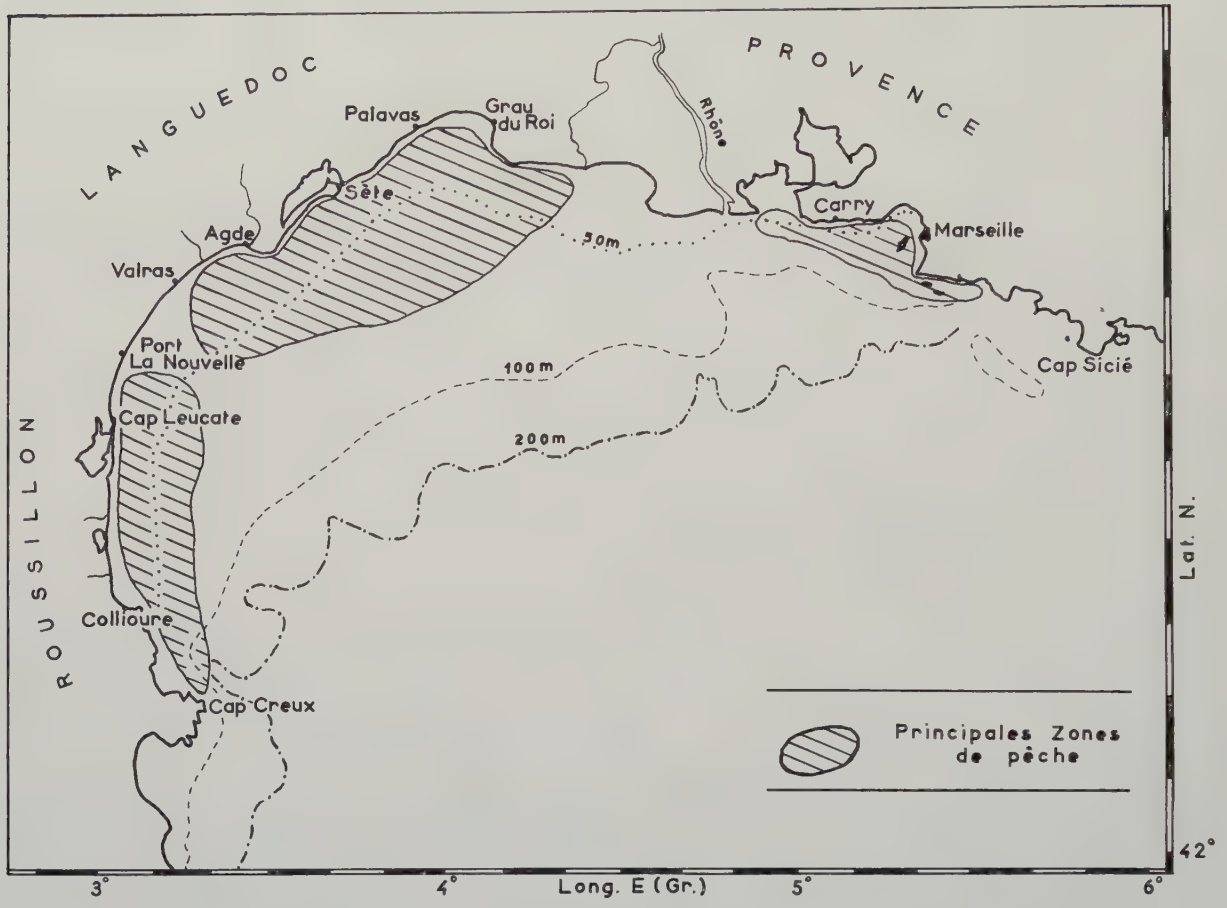

FIG. 1. — *Carte du golfe du Lion indiquant les principales zones de pêche de sardines* (en hachures).

Comme nous le verrons, l'existence de ces trois zones de pêche doit s'expliquer par des particularités hydrologiques, elles-mêmes plus ou moins déterminées par le jeu des courants et contre-courants qui règnent dans le golfe du Lion et dont le mécanisme a été récemment étudié par FURNESTIN et ALLAIN (1960).

Une étude consacrée aux sardines de l'ensemble du Golfe doit tenir compte des facteurs propres à chacune de ces zones. Le secteur de Sète se prête mieux que tout autre à une étude complète, la pêche s'y pratiquant toute l'année. C'est pourquoi, le matériel récolté dans cette région a servi de base à ce travail. Chaque fois que cela a été possible des lots complémentaires provenant du Roussillon et de Marseille ont permis d'établir les comparaisons nécessaires.

Sur le plan régional, notre but est de rechercher à déterminer si les sardines du golfe du Lion forment une seule et même population ou si, au contraire, elles comprennent des groupements distincts.

Sur un plan plus général, nous avons voulu savoir si les sardines du golfe du Lion se différencient de celles des autres régions méditerranéennes et si, comme l'ont pensé REGAN (1916) et FURNESTIN (1950$_b$), elles appartiennent à une sous-espèce distincte de *Sardina pilchardus* atlantique.

PREMIERE PARTIE

ETUDE MORPHOLOGIQUE

CHAPITRE I

CARACTERES METRIQUES

La plupart des caractères métriques sont généralement considérés comme variables chez les poissons. Par voie de conséquence leur valeur est souvent discutée dans leur application à la systématique et plus encore à la biologie.

C'est la raison pour laquelle ce chapitre se limitera aux caractères les plus importants : taille, longueur céphalique et distance prédorsale, retenus lors de la Conférence internationale tenue à Biarritz du 20 au 26 avril 1948.

Ces résultats permettront de caractériser du point de vue morphologique les groupements du golfe du Lion. Ils apporteront, en outre, des connaissances préalables sur la biologie de l'espèce : croissance et âge.

1. - Taille

L'ensemble de cette étude sur la taille porte sur 3.720 sardines adultes réparties de la manière suivante : Sète, mer : 3 056, Sète, étang de Thau : 194, Roussillon : 278, Marseille, 192.

Les poissons provenant des régions de Sète et de Marseille, pêchés en mer, sont capturés au filet maillant. Ceux de l'étang de Thau sont pris au carrelet ou au filet fixe appelé maniguière. Pour le Roussillon, les captures sont faites soit avec des filets maillants de février à mai soit au moyen de filets tournants et coulissants à partir de mai.

Les filets maillants ont une maille de 16 mm de côté. Ils sélectionnent les sardines et rendent impossible une étude complète de la composition par classes de tailles. Pourtant le matériel ainsi récolté, pour imparfait qu'il soit, permet, à cause de la faible croissance de la hauteur du corps à partir d'une longueur de 12 cm environ, de faire quelques remarques utiles sur la répartition des tailles et leur évolution, au cours de l'année, en fonction du sexe et de l'âge [1].

La plus grande partie de notre matériel provenant de Sète, ce sont les observations faites dans ce secteur qui seront exposées en premier dans chaque paragraphe. Des indications complémentaires seront données sur les autres zones du golfe du Lion : Roussillon et golfe de Marseille.

A) Secteur de Sète.

1° ***Répartition des tailles en 1959, variations saisonnières.*** Les sardines pêchées en mer au cours de l'année 1959 mesurent de 12,6 à 19,4 cm (tabl. 1).

Les poissons de taille moyenne, 15 et 16 cm, sont les plus nombreux. Ils représentent respectivement 33,4 et 44 % du total. Ceux des tailles extrêmes : 13, 18 et 19 cm atteignent à peine 2 %. Les 20 % restant sont constitués de poissons de 14 et 17 cm.

(1) Les sardines sont mesurées du bout du museau à l'extrémité de la nageoire caudale. Seuls les exemplaires à nageoire caudale parfaitement intacte sont retenus. Ces mensurations sont faites au moyen d'une règle millimétrée, munie d'un butoir correspondant au 0 de la graduation.

La valeur mensuelle moyenne de la taille de ces sardines ne varie que dans de faibles proportions. Les différences entre la valeur moyenne maximale et la valeur moyenne minimale ne dépasse pas 1,60 cm. Néanmoins, si faibles qu'elles soient, ces variations mensuelles permettent de déceler certains changements dans la composition du stock au cours des différentes périodes de l'année (fig. 2).

Secteur	Mois	Taille (en cm)										Lt. moy.	Nb.
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Sète, mer	Février			5.0	32.0	30.5	26.5	6.0				14.97	200
	Mars			4.5	59.1	29.5	6.9					14.39	131
	Avril			0.5	8.2	40.0	41.0	10.3				15.52	195
	Mai				5.0	28.4	41.0	21.3	4.3			15.92	483
	Juin				6.2	45.1	45.5	2.8	0.4			15.46	503
	Juillet				1.0	29.6	58.9	10.3	0.2			15.79	416
	Août			0.2	1.0	36.9	51.1	10.4	0.2	0.2		15.71	480
	Septembre ..			1.4	15.0	25.4	48.9	9.3				15.50	421
	Octobre			0.8	28.9	38.0	25.6	5.9	0.8			15.09	122
	Novembre ..				2.9	23.8	45.7	25.7	1.9			16.00	105
Total	Nb			25	323	1020	1343	316	28	1		15.6	3 056
	%			0.8	10.6	33.4	44.0	10.3	0.9	0.03			
Sète, étang de Thau	Août	4.0	16.0	60.0	20.0							12.96	25
	Octobre			10.0	52.5	37.5						14.27	40
	Novembre ..		1.5	25.6	50.4	21.7	0.8					13.95	129
Total	Nb	1	6	52	91	43	1					13.9	194
	%	0.5	3.1	26.8	46.9	22.2	0.5						
Roussillon	Janvier					4.2	12.5	29.1	37.5	12.5	4.2	17.54	24
	Mars						35.7	46.4	17.9			16.82	28
	Avril					14.3	54.3	28.6	2.8			16.20	70
	Mai					15.6	65.6	18.8				16.03	32
	Juillet					14.4	56.7	25.6	3.3			16.12	90
	Août					5.9	35.3	47.0	11.8			16.65	34
Total	Nb					31	135	85	23	3	1	16.4	278
	%					11.1	48.6	30.6	8.3	1.1	0.3		
Marseille	Novembre ..					8.8	20.3	54.7	14.6	1.6		16.80	192
	Nb					17	39	105	28	3			

TABL. 1. — *Répartition moyenne des tailles en pourcentage pour différents secteurs du golfe du Lion, en 1959.*

C'est à la fin de l'hiver que la taille moyenne est la plus faible : 14,97 en février, 14,39 en mars, mode 14 cm [1]. A cette époque, aucun individu ne mesure plus de 17 cm et l'apparition massive des poissons de 13 à 14 cm s'est manifestée dans la zone de pêche, c'est-à-dire au-dessus des fonds de 25 à 80 m.

Au printemps, la taille moyenne augmente régulièrement. Sa valeur est de 15,52 en avril et de 15,92 en mai, le mode s'établit à 16 cm dès avril. Des individus de grande taille, 17 à 18 cm, font leur apparition dans les captures. Au contraire, le pourcentage des jeunes sardines diminue : c'est qu'une partie importante d'entre elles gagne la zone littorale et l'étang de Thau.

Pendant l'été, la valeur de la taille moyenne est assez stable surtout en juillet et août. Le mode demeure à 16 cm.

(1) Le chiffre de mars correspond au minimum annuel.

En automne, la situation évolue à nouveau. On a tout d'abord une diminution de la moyenne qui tombe dans le courant d'octobre à 15,09 (mode : 15 cm). Cette diminution est due au retour des jeunes dans la zone du large et à la dispersion d'une partie des adultes de grande longueur qui recherchent près de la côte des conditions hydrologiques plus favorables.

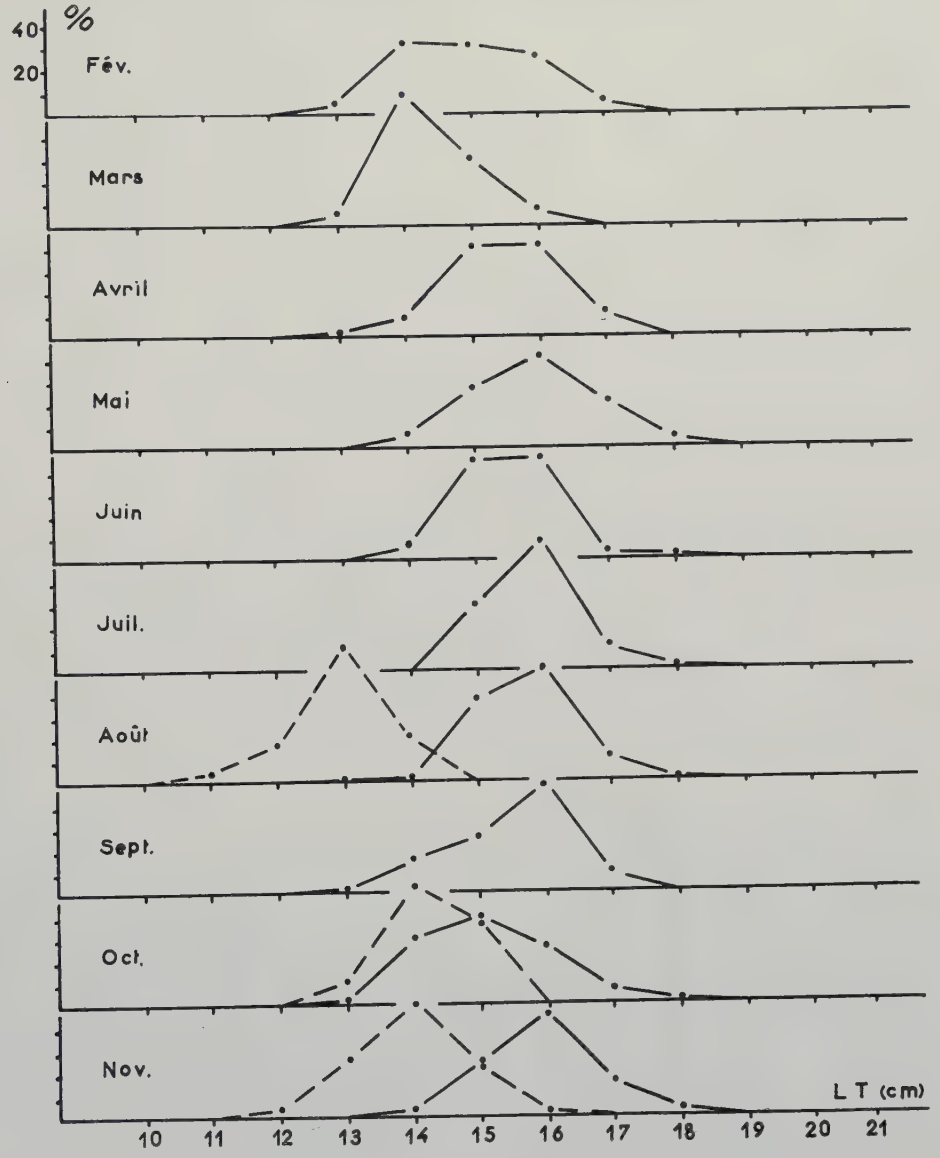

Fig. 2. — *Répartition mensuelle de la taille pour la région de Sète pendant la période de pêche (février à novembre 1959).* En trait continu, sardines pêchées en mer ; en trait discontinu, sardines pêchées dans l'étang de Thau.

A partir du mois de novembre, la pêche qui se déplace vers le large nous enseigne que les adultes se regroupent pour pondre à une distance de 6 à 10 milles de la côte, au-dessus des fonds de 40 à 80 m. Ce fait se traduit par une augmentation de la taille moyenne des poissons capturés qui atteint son maximum annuel : 16,00. Le mode redevient 16. Le pourcentage des jeunes de moins de 15 cm diminue considérablement tandis que les individus de 17 cm et plus n'ont jamais été aussi nombreux.

Le cas particulier de l'étang de Thau mérite d'être examiné, il confirme ces observations.

Durant l'année 1959, les sardines se sont fait prendre dans l'étang entre mai et novembre ce qui correspond à une période plus longue qu'à l'accoutumée car on ne les capture habituellement dans cette zone que jusqu'en septembre. Les sardines apparues dans l'étang de Thau en mai 1959 étaient des jeunes de 11 à 14 cm qui venaient de quitter la zone maritime du large.

En été, ce stock changeait peu. Les tailles s'étageaient pendant le mois d'août entre 11 et 14 cm, la classe de 13 cm représentant 60 % des captures (fig. 2).

En automne, la répartition des tailles se modifiait. Les sardines de plus de 14 cm dépassaient 80 % du total, celles de moins de 13 cm étaient très rares. On notait même la présence de poissons de 15 à 16 cm . Certains individus, particulièrement remarquables, nous ont été apportés par les pêcheurs : ils mesuraient 20 cm .

Les jeunes ont, en effet, commencé à gagner le large tandis que les adultes les ont en partie remplacés.

Le fort abaissement annuel de la température qui ,en 1959, s'est produit à la fin du mois de novembre a entraîné le départ massif des sardines de l'étang de Thau.

En dehors des modifications dues à la croissance, les variations saisonnières de la taille s'expliquent surtout par le jeu des déplacements des différents éléments d'une même population du large vers la côte et vice-versa. Ces variations sont d'ailleurs assez faibles pour que l'on considère le stock étudié au cours de l'année 1959 comme homogène.

Nous avons mis à profit cette relative homogénéité pour connaître le pourcentage des sexes, ainsi que les tailles respectives des mâles et des femelles.

2° ***Répartition des tailles en fonction du sexe et du cycle sexuel.*** Pour l'ensemble des échantillons prélevés en 1959, on relève 1 365 mâles et 1 691 femelles. Sur ces 3 056 sardines provenant de la région de Sète, le pourcentage est donc de 44,7 % pour les mâles et de 55,3 % pour les femelles. Cependant, au cours de l'année, la proportion de chaque sexe varie d'un mois à l'autre sur les lieux de pêche (tabl. I en annexe).

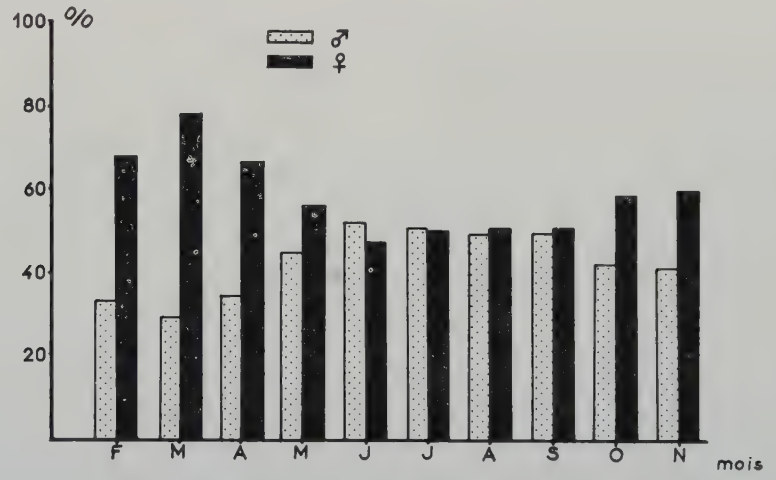

FIG. 3. — *Répartition mensuelle* (en %) *des mâles et des femelles pour la région de Sète en 1959.*

En hiver par exemple, surtout en fin de saison, le pourcentage des femelles est nettement supérieur à la moyenne. Au début de l'été, c'est l'inverse mais à un degré moindre (fig. 3).

La comparaison des valeurs moyennes de la taille montre que, sur l'ensemble des sardines examinées, les femelles présentent une longueur légèrement supérieure à celle des mâles. Cette diffé-

rence qui est d'environ 3 mm s'explique par le fait que les mâles n'ont pas une aussi forte croissance ni une aussi grande longévité. En effet, les mâles dépassaient rarement 17 cm alors que les femelles de plus de 17 cm étaient assez nombreuses.

On doit aussi tenir compte des variations dans la composition du stock. La répartition mensuelle de la taille moyenne des mâles par rapport à celle des femelles montre que l'écart augmente en hiver. Il s'agit là d'une différence relative due à la disparition de la zone de pêche d'une partie des mâles de grande taille au moment de la ponte (fig. 4).

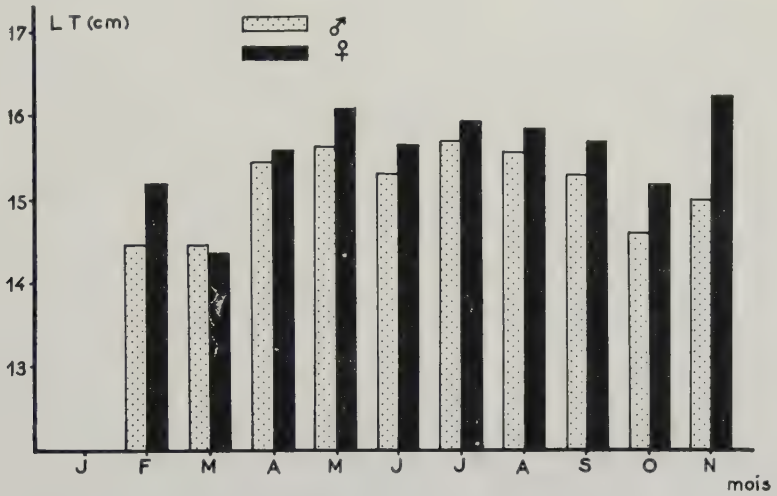

FIG. 4. — *Répartition mensuelle de la taille moyenne des mâles et des femelles pour la région de Sète en 1959.*

Longévité plus grande des femelles et disparition des mâles en hiver seront mieux mises en évidence par l'examen de la répartition des tailles en fonction de l'évolution vers la maturité sexuelle en cours d'année [1].

a) *Période d'été* (*juillet-août*). Sauf pour les sardines au stade II, quelle que soit leur longueur, et sauf pour les plus jeunes du stock (13 et 14 cm) parmi lesquelles prédominent les mâles, ce sont les femelles qui sont les plus nombreuses et ceci d'autant plus que les tailles sont plus élevées (fig. 5).

A la taille de 17 cm, le pourcentage des mâles est faible. Il est nul à partir de 18 cm. Ceci revient à dire que dans un stock de poissons de diverses classes d'âge, le nombre des mâles diminue dans les classes âgées qui, à partir de 18 cm, ne comprennent plus que les femelles.

A noter aussi que pendant ces mois d'été aucun poisson de ce stock ne dépasse le stade IV que seules atteignent les femelles. On peut donc dire qu'elles évoluent plus rapidement que les mâles vers la maturité sexuelle.

b) *Période d'automne* (*octobre et novembre*). Le stock est constitué par des poissons sensiblement de même taille qu'en été.

On remarquera sur la figure 6 que :

1° l'évolution vers la pleine maturité a fortement progressé par rapport à l'été, un fort pourcentage de sardines a atteint et même dépassé le stade de la ponte ;

2° ce stock pourrait être divisé en deux parties,

---

(1) L'échelle de répartition de la maturité sexuelle adoptée comprend 8 stades définis par FURNESTIN en 1945 (tout au long de ce travail nous citerons ainsi, par l'année de la parution, la publication faite dans la revue des travaux de l'Office des Pêches maritimes au tome XIII correspondant aux années 1939-1943). Leurs caractéristiques sont rappelées plus loin, deuxième partie, chapitre I, 1°.

a) l'une comprenant les petites tailles (13 à 15 cm) où les mâles sont aussi nombreux sinon plus que les femelles et sont plus avancés,

b) l'autre groupant les grandes tailles (16 à 18 cm) et n'étant pratiquement constitué que de femelles.

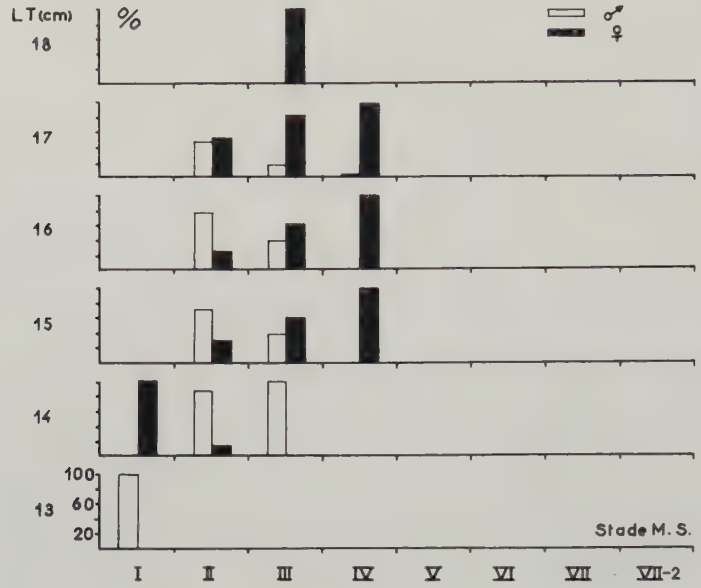

FIG. 5. — *Moyenne de la maturité sexuelle par taille dans la région de Sète en été 1959 (juillet et août).*

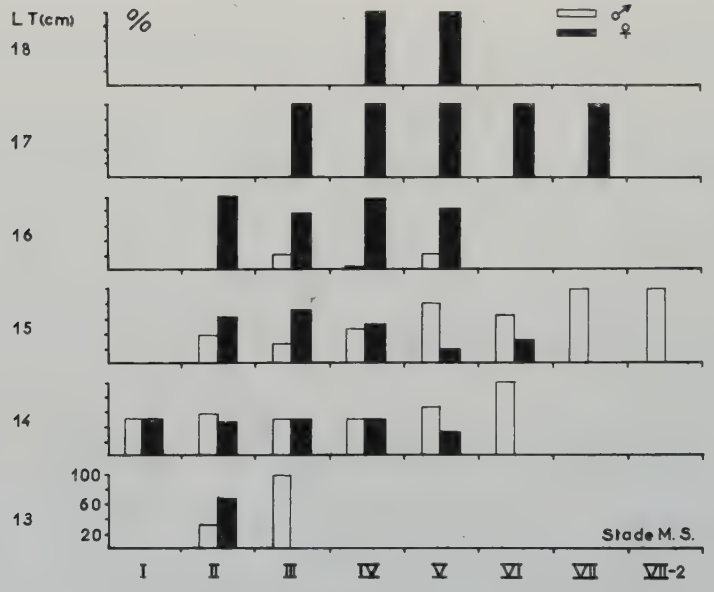

FIG. 6. — *Moyenne de la maturité sexuelle par taille dans la région de Sète en automne 1959 (octobre et novembre).*

Ceci confirme la conclusion précédente à savoir que la longévité des mâles est moindre que celle des femelles mais aussi ils sont plus précoces.

c) *Période d'hiver (février et mars)*. La répartition suivant le stade est, à toutes les tailles, toujours largement étalée, la proportion des femelles continue à être plus forte que celle des mâles sauf, comme précédemment, dans le groupe le plus jeune (fig. 7).

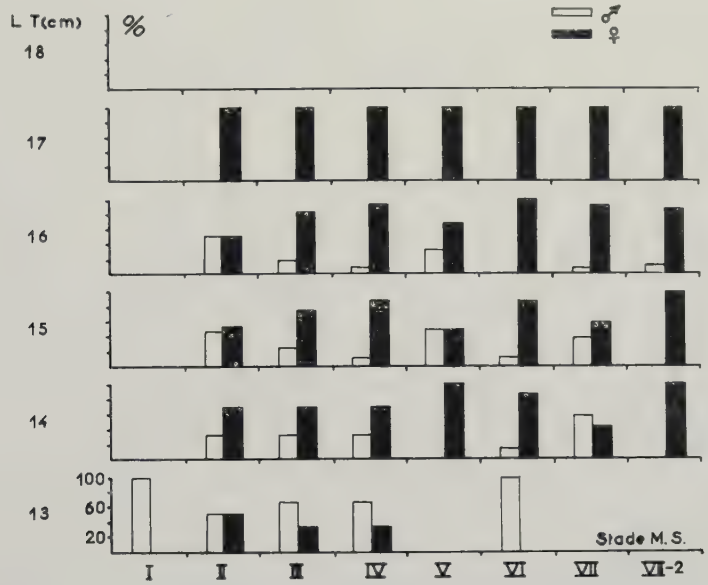

FIG. 7. — *Moyenne de la maturité sexuelle par taille dans la région de Sète en hiver 1959 (février et mars).*

3° ***Composition du stock en fonction de l'âge.*** Dans ce paragraphe consacré à l'étude de la taille, il est utile d'apporter quelques données préliminaires sur la croissance grâce à l'examen de la composition du stock en fonction de l'âge.

a) *Période d'été*. A Sète, pendant les mois d'été, les sardines de 3 ans révolus (groupe IV) sont les plus nombreuses : 66 % en juillet, 51 % en août. Viennent ensuite celles de 2 ans révolus (groupe III): 22,4 % en juillet, 40,2 % en août. Les poissons âgés de plus de 4 ans (groupe V) sont également bien représentés : 10,8 % en juillet, 7,6 % en août.

b) *Période d'automne*. En novembre, c'est-à-dire au début de la période de ponte, les sardines des groupes III et IV sont proportionnellement aussi nombreuses qu'en été mais le groupe V diminue d'importance. En revanche, les jeunes du groupe II apparaissent.

c) *Période d'hiver*. En février et mars, les jeunes de 2 et 3 ans (groupe II et III) dominent. Les sardines appartenant au groupe IV, encore assez nombreuses en février (17,4 %), ne représentent qu'un pourcentage réduit en mars (1,5 %). Les individus des groupes V et VI sont très peu nombreux.

B) Roussillon.

L'interprétation des variations de la taille est difficile dans ce secteur où la pêche ne se développe que sur six mois, de la fin janvier à août et se fait pour une bonne part avec des filets maillants fortement sélectifs. Cependant, on peut utiliser dans une certaine mesure les données fournies par nos prélèvements (fig. 8). Ceux-ci comprennent 278 sardines pêchées de janvier à juillet 1959 près de Collioure et au début d'août dans le nord du Roussillon.

La caractéristique de la composition du stock de sardines dans le Roussillon est l'absence complète, durant toute l'année, d'individus de petite taille âgés de moins de deux ans. La longueur

moyenne annuelle de 16,4 cm est supérieure à celle de Sète. La taille minimale est de 14,6 cm, la taille maximale de 19,8 cm : l'évolution au cours de l'année est à l'inverse de celle observée à Sète.

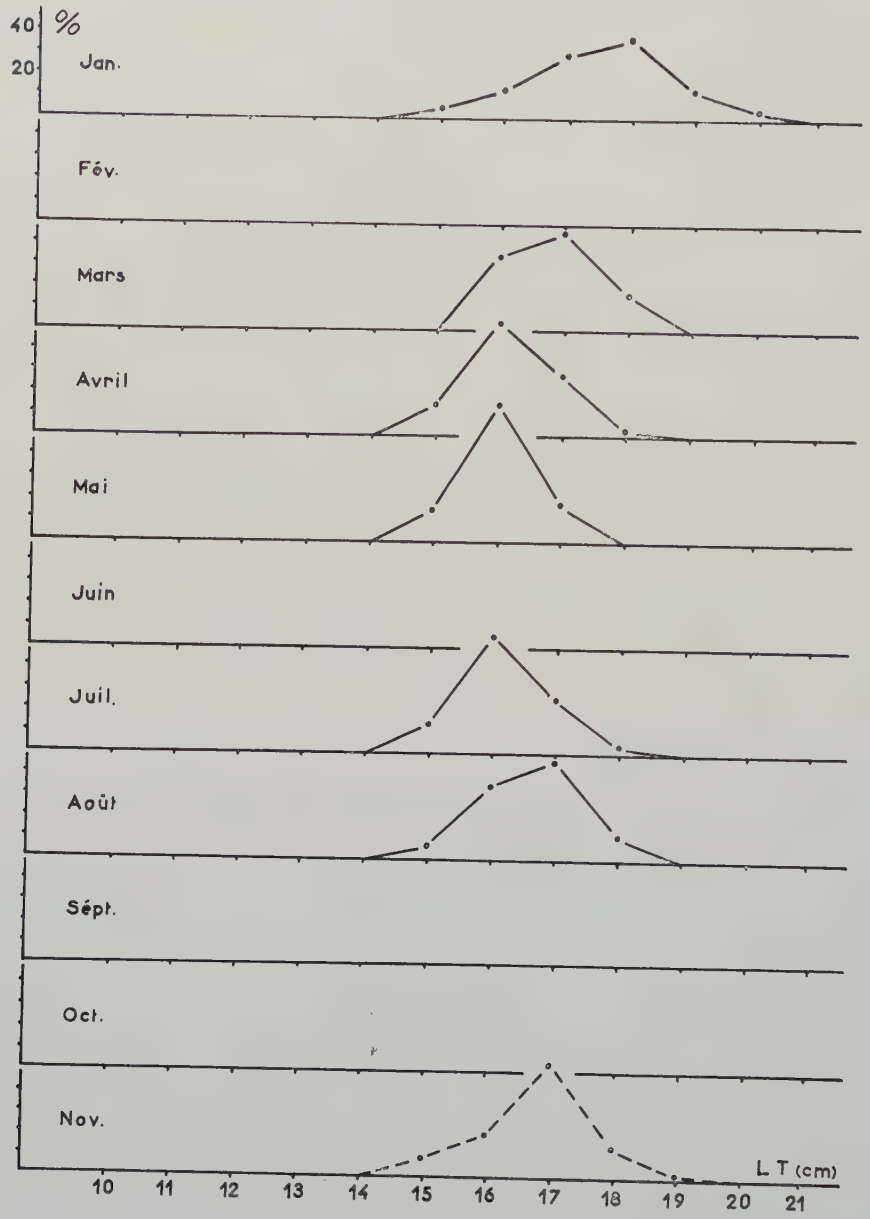

FIG. 8. — *Répartition mensuelle de la taille pour le Roussillon (janvier à août 1959) et la région de Marseille (novembre 1959).* En trait continu, sardines du Roussillon ; en trait discontinu, sardines de Marseille.

En hiver, le stock est surtout composé de grandes sardines ; celles de 17 et 18 cm âgées de 5 à 6 ans dépassent 65 %.

Au début du printemps, la moyenne mensuelle diminue. Ceci est dû à la disparition progressive des sardines de 18 cm âgées de plus de 5 ans appartenant au groupe VI et à l'augmentation des individus de 15 et 16 cm (groupes IV et V).

En été, soit à la fin de la saison de pêche, les individus de grande taille sont les premiers à quitter la région sous l'effet d'une brusque élévation de température. On retrouve plus au nord en août, un stock homogène dans lequel tous les groupes de taille, de 14 à 19 cm, sont bien représentés. Il s'agit de sardines de 3 à 6 ans.

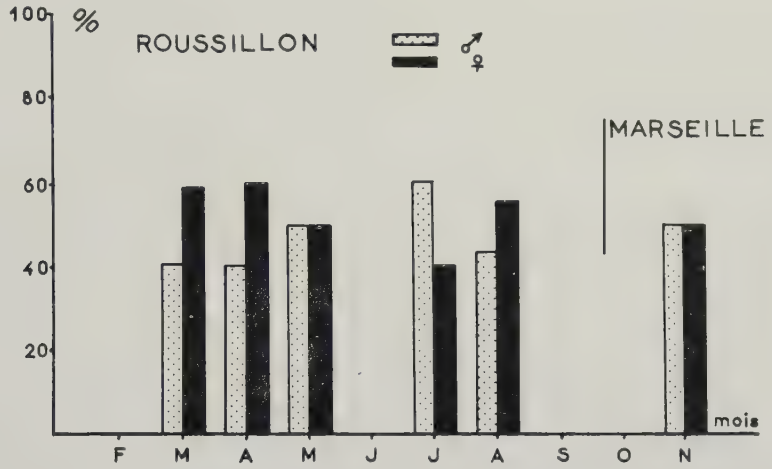

FIG. 9. — *Répartition mensuelle (en %) des mâles et des femelles dans le Roussillon et la région de Marseille en 1959.*

Les femelles sont nettement plus nombreuses que les mâles en hiver. Au début de l'été, on observe l'inverse (fig. 9).

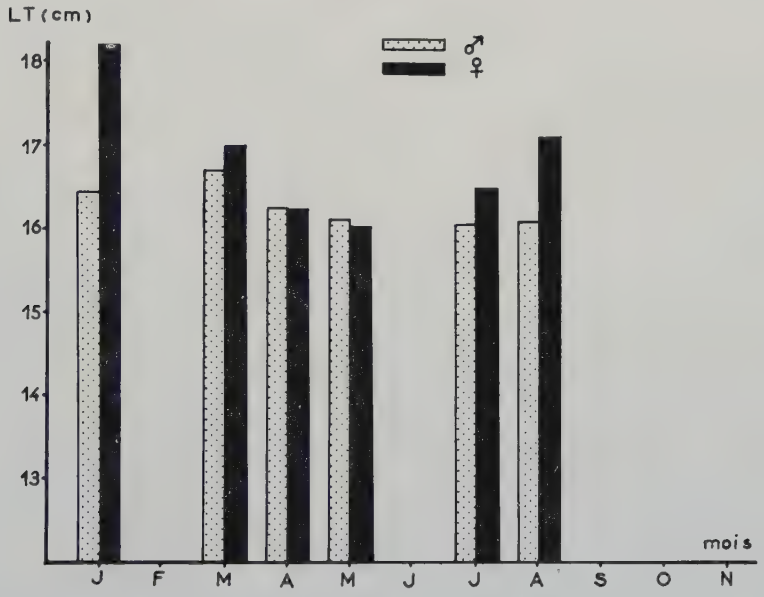

FIG. 10. — *Répartition mensuelle de la taille moyenne des mâles et des femelles dans le Roussillon en 1959.*

En ce qui concerne la répartition mensuelle de la taille moyenne des mâles et des femelles, le phénomène décrit pour Sète se reproduit dans le Roussillon mais avec un certain décalage. C'est en janvier que la différence entre les mâles et les femelles est la plus marquée (fig. 10, tabl. I).

C) Région de Marseille.

Un lot de 192 sardines pêchées en novembre 1959 montre qu'à cette époque de l'année, la taille, légèrement plus élevée qu'à Sète, a une moyenne de 16,8 cm entre une limite inférieure de 15,7 et une limite supérieure de 18,8 cm (mode 17 cm) (fig. 8). Ces sardines appartiennent aux groupes III, IV et V et, dans une plus faible mesure au groupe VI (fig. 9).

Pour ce seul mois d'observation, les différences de répartition et de longueur entre mâles et femelles sont peu sensibles (tabl. I).

En résumé, de l'examen qui vient d'être fait peuvent être tirés certains enseignements.

1° Contrairement à ce qu'ont pu dire certains auteurs, tels MARION et FAGE, la sardine du golfe du Lion atteint une taille assez élevée. Les individus de 20 cm et plus ne sont pas rares près de Sète mais leurs captures sont peu fréquentes car ils se tiennent près du littoral et dans l'étang, hors des lieux habituels de pêche.

2° Le stock, dans le secteur sétois est constitué par des poissons de longueurs variées : 13 à 18 cm . Leur âge se situe entre 2 et 5 ans.

Dans le Roussillon, le stock est plus restreint, il comprend surtout de grosses sardines (55 % de plus de 18 cm en janvier).

Dans le secteur de Marseille enfin, on prend en hiver de grandes sardines. On peut en voir de taille supérieure à 20 cm, et âgées de 9 à 11 ans (maximum observé : 21,1 cm).

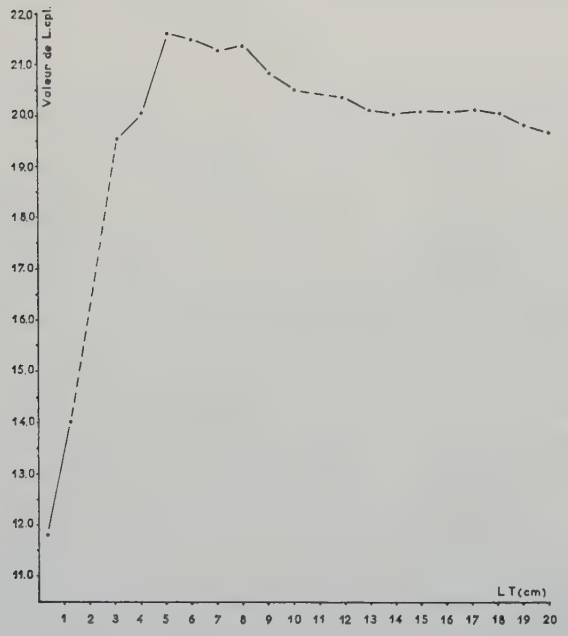

FIG. 11. — *Courbe de la variation de l'indice céphalique en fonction de la taille pour les sardines du golfe du Lion.*

2. - Longueur de la tête

Ce caractère étudié sous forme d'indice (Lcpl = 100 t/LT) renseigne à la fois sur la morphologie du groupement et sur le mode de croissance des individus. Il a été examiné ici depuis le stade larvaire jusqu'à l'âge le plus grand (taille 20 cm) sur près de 4 000 sardines ainsi réparties :

186 larves et post-larves de 0,35 à 3 cm,
257 jeunes sardines de 3 à 10 cm et 3 084 sardines de 12 à 20 cm .

Ainsi, une courbe continue de la croissance céphalique a pu être établie, pratiquement de l'éclosion à la fin de la vie de la sardine du golfe du Lion (fig. 11).

La méthode de mesure employée varie selon la taille des poissons. Les larves sont placées sur une lame millimétrée Zeiss et observées sous binoculaire. L'opercule n'étant pas encore différencié la mesure de la tête est prise de l'extrémité du museau jusqu'au milieu du bord postérieur de la région occipitale.

A partir de 2,7 cm, l'angle operculaire est bien marqué. Il est alors possible de mesurer la longueur céphalique comme sur les adultes mais cette mesure s'effectue sur lame millimétrée.

Pour les sardines de 4 cm environ, jusqu'à 20 cm, la mesure de la longueur céphalique se fait au compas avec précision d'un 1/2 millimètre. Elle est prise du bout du museau à l'extrémité de la pointe osseuse de l'opercule.

A) Région de Sète.

L'étude de l'indice Lcpl permet de repérer trois phases distinctes dans la croissance céphalique.

1° La première (phase larvaire) concerne les jeunes sardines de 0,3 à 5 cm. Pendant cette phase, la valeur moyenne de l'indice céphalique croît très rapidement : 11,8 pour les larves de 0,32 à 0,35 cm et 14,0 pour celles de 1 à 1,5 cm. Pour les jeunes sardines de 5 cm, elle atteint le chiffre de 21,60 qui représente la valeur maximale de cet indice.

2° La deuxième phase (juvénile) concerne les poissons de 5 à 13 cm. La valeur moyenne jusqu'alors ascendante décroît très légèrement et de façon à peu près régulière : 21,47 pour les tailles de 6 cm et 20,5 pour celles de 10 cm.

3° La troisième phase d'évolution concerne les sardines adultes (13 à 20 cm). Entre 13 et 17 cm la valeur de l'indice est à peu près stable, elle varie faiblement autour de 20,1 et finit par diminuer dans les dernières années de la vie.

B) Roussillon et région de Marseille.

Les sardines provenant du Roussillon et de la région de Marseille mesurent de 15 à 19 cm. Comme sur les spécimens de Sète de même dimension, la valeur de l'indice céphalique décroît légèrement avec la taille à partir de 17 cm. Les chiffres obtenus sont si comparables que l'on ne peut noter de différence significative (tabl. II en annexe).

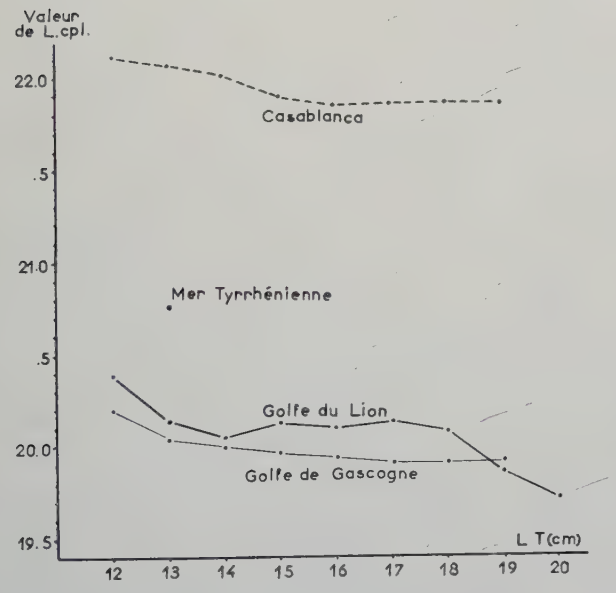

FIG. 12. — *Comparaison de l'indice céphalique moyen pour les sardines de différentes régions.*

C) Comparaison avec les autres régions.

Les résultats donnés par les autres auteurs sont assez fragmentaires, au moins en ce qui concerne la Méditerranée.

D'après les pourcentages présentés par NAVARRO, en 1926, pour la sardine des Baléares, il semble que la valeur de l'indice de ce poisson soit un peu plus élevée que celle de la sardine du golfe du Lion. Il en serait de même pour la sardine de la Mer tyrrhénienne d'après MATTA (1957).

Pour l'Atlantique, la valeur de l'indice céphalique paraît augmenter du nord vers le sud (fig. 12). Ainsi, FURNESTIN donne en 1950 les valeurs maximales et minimales de l'indice céphalique pour les tailles de 12 à 19 cm chez les sardines du golfe de Gascogne et du Maroc : les chiffres varient, respectivement, de 18 à 22 et de 21 à 24. De son côté, RAMALHO fournit en 1929 des valeurs intermédiaires pour la sardine du Portugal.

Les valeurs de l'indice céphalique des sardines du golfe du Lion sont comparables à celles du golfe de Gascogne.

Du point de vue des différences raciales, l'indice Lcpl ne renseigne guère. En revanche, il nous fournit une donnée qui manquait sur la croissance relative de la tête de ce clupe méditerranéen. A une phase larvaire de développement rapide de la tête, supérieur à celui du corps, succède une deuxième phase (juvénile) pendant laquelle la longueur relative de la tête diminue (parce que le reste du corps grandit plus vite qu'elle). Survient enfin à l'état adulte une phase d'équilibre relatif entre la croissance de la tête et du reste du corps, avec, à la fin de la vie, une rupture aux dépens de la tête.

3. - Distance prédorsale

La valeur de la distance prédorsale par rapport à la longueur totale est un caractère biométrique variable généralement considéré comme secondaire. Elle est pourtant, avec la longueur céphalique, le seul caractère métrique retenu lors de la Conférence de Biarritz. Nous l'avons étudié aux différents stades de la vie des sardines des trois secteurs du golfe du Lion.

La distance prédorsale est mesurée du bout du museau à l'origine antérieure de la nageoire dorsale. Cette mesure est faite au moyen d'une lame millimétrée pour les larves et d'une règle à mesurer pour les adultes [1].

La valeur de la distance prédorsale par rapport à la longueur totale est chiffrée sous forme de l'indice LT/D.

A) Région de Sète.

Le matériel comprend quelques larves, 263 jeunes de 3 à 11 cm, et 3 687 adultes de 12 à 19 cm. Les jeunes proviennent des canaux et de l'étang de Thau, les adultes de la mer.

Comme pour la longueur céphalique, l'évolution de la valeur de l'indice prédorsal est liée aux trois grandes phases de la vie de la sardine.

Pendant la période qui précède la métamorphose la distance prédorsale diminue très rapidement. Chez les larves les plus jeunes, la nageoire dorsale est située au niveau du tiers postérieur du poisson. Cette « migration caudo-craniale de la dorsale », pour reprendre l'expression de SUNDEVALL, s'arrête au moment de la métamorphose lorsque la jeune sardine atteint une taille de 4 à 5 cm. La dorsale a alors à peu près la même position que chez l'adulte.

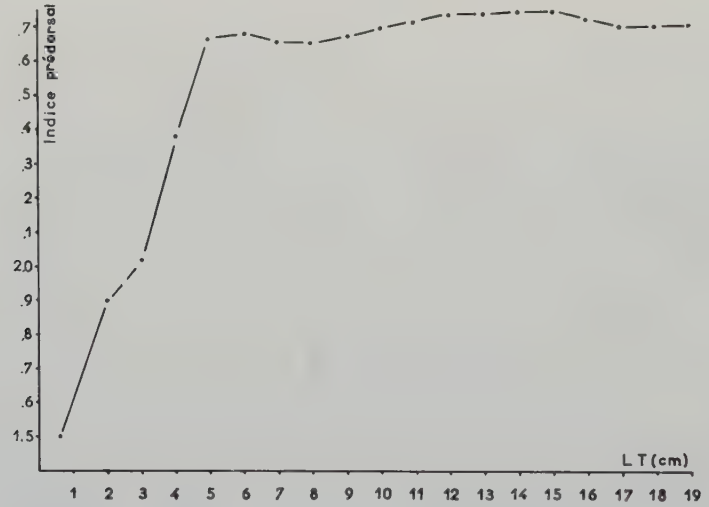

FIG. 13. — *Courbe de la variation de l'indice prédorsal en fonction de la taille pour les sardines du golfe du Lion.*

Cette rapide diminution de la distance prédorsale se traduit par une augmentation importante de la valeur de l'indice parallèlement au développement de la larve. Pour une larve de 0,6 cm, taille minimale pour laquelle la position de la nageoire dorsale a pu être délimitée avec précision, la valeur de l'indice est d'environ 1,50. Elle est à peu près la même chez les larves de 1,0 cm. C'est seulement à partir de cette taille que l'évolution devient sensible. A 2 cm, l'indice est de 1,9. Il atteint le chiffre de 2,66 pour une longueur totale de 5 cm.

(1) Méthode retenue au cours des Conférences de Lisbonne et de Biarritz, 1930, 1948.

Entre la métamorphose et la première maturité sexuelle, on constate une augmentation rapide de l'indice suivie d'une stabilisation (fig. 13). Entre 3 et 5 cm, LT/D passe de 2,14 à 2,66 . De 5 à 10 cm l'indice oscille autour de ce dernier chiffre. De 10 à 14 cm, un nouvel accroissement est observé, il est très faible ; la valeur de l'indice est de 2,73 à 14 cm .

Entre la première maturité sexuelle et la fin de la vie, c'est-à-dire pour des sardines de 14 à 20 cm, la distance prédorsale augmente très légèrement mais régulièrement. Ceci se traduit par une lente diminution de la valeur de LT/D. Celle-ci est de 2,73 pour 15 cm et de 2,69 pour 18 et 19 cm .

B) Roussillon et région de Marseille.

L'indice prédorsal a été étudié pour des sardines du Roussillon et de Marseille longues de 15 à 19 cm . Les lots examinés représentent respectivement 278 et 180 individus.

Dans les deux cas, la valeur de l'indice diminue légèrement avec la taille. Ce fait remarqué à Sète pour des individus de même longueur se vérifie donc dans les autres régions du golfe du Lion. Les chiffres recueillis à Sète, dans le Roussillon et à Marseille, sont si proches que l'on ne peut déceler de différence significative (tabl. III en annexe).

C) Comparaison avec les autres régions.

En ce qui concerne la Méditerranée, MATTA étudie en 1957 la distance prédorsale pour des sardines de 13 cm provenant de la Mer tyrrhénienne. Il présente ses résultats sous forme de l'indice 100 D/LT. La valeur moyenne obtenue est de 37,38 ce qui correspond à 2,67 pour LT/D (fig. 14). A l'inverse de ce qui a été constaté pour l'indice céphalique la valeur de l'indice prédorsal en Mer tyrrhénienne est un peu inférieure à celle de la sardine du golfe du Lion.

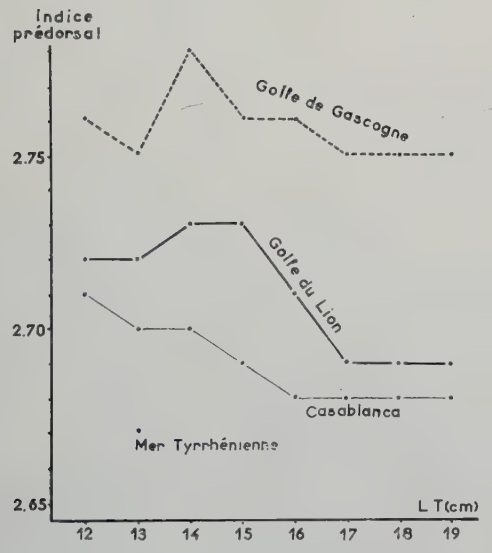

FIG. 14. — *Comparaison de la valeur de l'indice prédorsal pour les sardines de différentes régions.*

Pour l'Atlantique, les valeurs moyennes de LT/D semblent augmenter légèrement avec la latitude. Là encore, ce fait est contraire à ce qui est observé pour l'indice céphalique. D'après FURNESTIN (1950[b]) l'indice prédorsal des sardines du golfe de Gascogne est pour chaque groupe de taille, supérieur d'environ 0,06 à celui des sardines du Maroc.

Quoiqu'il en soit ces différences sont légères. Comme l'ont dit d'autres auteurs, la distance prédorsale est un caractère qui ne doit pas être utilisé seul sans risque d'erreur. Pourtant, utilisé conjointement avec la longueur céphalique, il tend à faire ressortir le caractère particulier des sardines méditerranéennes par rapport aux sardines atlantiques.

Compte tenu du peu d'éléments de comparaison dont on dispose, il confirmerait également l'existence d'une légère différence morphologique entre les sardines du golfe du Lion et celles d'autres régions du bassin occidental de la Méditerranée. Les premières ont un indice céphalique un peu plus faible et un indice prédorsal un peu plus élevé que les secondes.

CHAPITRE II

CARACTERES MERISTIQUES

1. - Vertèbres

Le nombre de vertèbres présente une grande importance dans l'étude de la sardine. Il a servi de point d'appui à la systématique et permis de diviser l'espèce européenne *Sardina pilchardus* en variétés et races locales. Il est également d'un secours certain dans les recherches concernant l'écologie de l'espèce. La valeur de ce caractère a pu être critiquée par certains auteurs qui estiment que la formule vertébrale est variable en fonction de la taille et fortement influencée par les conditions hydrologiques locales au moment de la ponte. Cette critique pourrait mettre en cause les hypothèses formulées sur les races des sardines et leurs migrations. Aussi, nous avons tenu à examiner de très près la formule vertébrale des sardines du golfe du Lion. Nos observations, faites pendant une année entière sur des poissons de tailles différentes pêchés dans les trois secteurs principaux du Golfe : Sète, Marseille et Roussillon, ont été complétées les années suivantes par l'examen de jeunes et de larves.

La méthode employée pour le dénombrement des vertèbres chez les adultes est celle définie au cours des réunions internationales déjà citées. Elle consiste à compter les vertèbres, après dissection, du condyle occipital non compris à l'urostyle inclus.

Pour les jeunes larves, les vertèbres ne sont qu'ébauchées. Il est impossible de disséquer l'animal sans risque de détruire la colonne vertébrale. Il a fallu les colorer pour pouvoir dénombrer leurs vertèbres [1].

A) Région de Sète.

Le matériel provenant de la région de Sète, numériquement le plus important, comprend :

2 365 larves et jeunes capturés dans les canaux au printemps 1959, en mai 1960 et en avril 1961,

3 063 sardines de 12 à 19 cm prises en mer au filet maillant de février à novembre 1959,

234 sardines de 11 à 20,5 cm pêchées entre août 1959 et février 1960 au filet fixe dans l'étang de Thau.

Ces nombres doivent suffire à estimer la moyenne vertébrale et son importance dans la détermination de ce groupement racial.

Dans ce but, les résultats sont présentés successivement en fonction de l'époque de capture, de la taille des sardines, des conditions de milieu au moment de la ponte et de l'éclosion des larves.

1° ***Variations de la moyenne vertébrale en fonction de l'époque de capture.*** La moyenne établie d'après le dénombrement des vertèbres pour les 3 063 sardines adultes pêchées en mer est de 51,64 (tabl. IV en annexe). Le nombre de vertèbres varie de 50 à 53. Les individus qui possèdent 52 vertèbres sont les plus nombreux. Viennent ensuite par ordre d'importance décroissante les sardines à 51, 53 et 50 vertèbres. Ces dernières ne représentent que 1,2 % du total.

Pour mettre en évidence d'éventuelles variations mensuelles cet ensemble est divisé en 10 lots correspondant aux captures des différents mois. Le nombre d'individus par lot est compris entre 105 et 502.

De février à septembre, mois pendant lesquels le matériel récolté est le plus abondant, la moyenne mensuelle varie entre 51,62 et 51,65. En novembre, elle est de 51,66. Le seul écart, d'ailleurs léger,

(1) La méthode utilisée est celle de J. L. Perrot : fixation dans le formol à 4 %, coloration dans une solution alcoolique acétifiée d'alizarine, différenciation dans l'alcool absolu pendant quelques heures, éclaircissement au benzène, conservation dans un mélange d'izosafrol et d'essence de Wintergreen. Il faut éviter l'emploi de la potasse glycérinée qui rend les larves opaques.

est observé en octobre. Il est dû, selon toute vraisemblance, au nombre restreint d'individus examinés. La moyenne est alors de 51,70.

L'amplitude de variation de la moyenne ne dépasse pas 0,08 pour toute l'année. L'indice de variabilité est très faible. Sa valeur se situe entre 0,56 et 0,63.

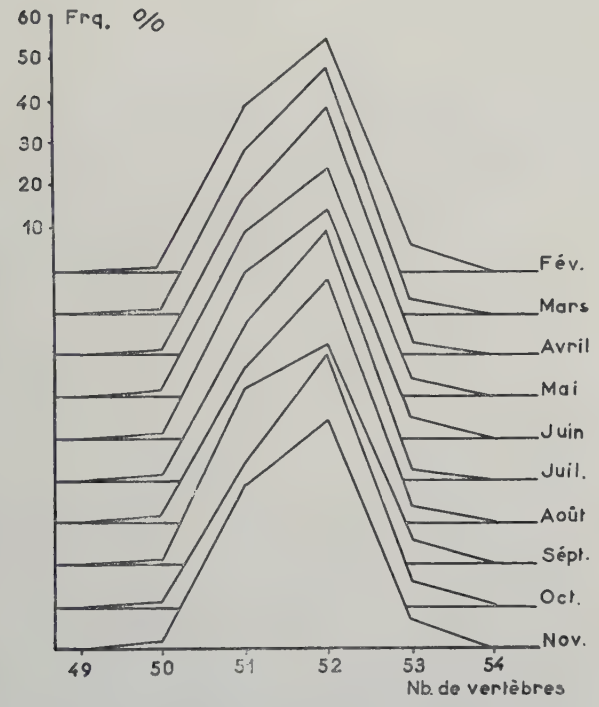

FIG. 15. — *Polygones de variations du nombre de vertèbres chez les sardines adultes de la région de Sète pour les mois de février à novembre 1959.*

Ces données ont pu être complétées par l'examen des sardines provenant de l'étang de Thau. En effet, si les sardines vivant dans l'étang possédaient une moyenne vertébrale différente de celles de la mer, cela occasionnerait immanquablement des variations du fait des échanges qui se produisent à certaines saisons entre mer et étang.

La moyenne vertébrale des sardines pêchées dans l'étang est de 51,65. Il n'y a donc pas de différence notable entre elles et les sardines de la mer ; ce sont en fait les mêmes poissons qui, suivant leur âge et la saison, se déplacent d'un secteur à l'autre.

De ce résultat, il est possible de conclure à une grande stabilité de la moyenne vertébrale dans la région de Sète. Les variations enregistrées au cours de l'année sont assez faibles pour que cette moyenne vertébrale puisse valablement caractériser ces sardines. Elles constituent à ce point de vue un groupement dont l'homogénéité fondamentale est traduite par l'identité des polygones de variation de la figure 15 qui s'emboîtent rigoureusement les uns dans les autres.

2° ***Variation de la moyenne vertébrale en fonction de la taille.*** Pour l'étude de ces variations éventuelles, le matériel récolté dans la région de Sète comprend au total 5 346 sardines de 2 à 20,5 cm, réparties en quatre lots :

le premier groupant 1 439 larves de 2 à 4 cm,
le second 836 jeunes de 4,5 à 10 cm,
le troisième 3 013 sardines de 12 à 17 cm,
le quatrième 58 individus de 17 à 20,5 cm.

Dans ces quatre groupes de tailles, les fréquences sont presque identiques. Le mode est à 52, la moyenne varie entre 51,60 et 51,65 (tabl. 2). Ces variations d'ailleurs infimes sont sans rapport

Taille (en cm)	Répartition en % du nb. de vertèbres				Nb. d'individus	Moy. vertébrale
	50	51	52	53		
2 à 4	1,9	38,4	54,5	5,2	1 439	51,63
4,5 à 10	1,0	41,3	54,2	3,5	836	51,60
12 à 17	1,2	38,4	56,0	4,4	3 013	51,64
17,5 à 20,5	1,7	36,2	56,9	5,2	58	51,65

TABL. 2. — *Répartition du nombre de vertèbres en fonction de la taille pour les sardines de Sète.*

avec la taille. Leur amplitude ne dépasse pas celle que l'on rencontre habituellement dans des lots différents, capturés dans une même région et constitués par des poissons de même taille.

Ces résultats contredisent ceux présentés par PINTO en 1958 pour la sardine de Lisbonne.

Cet auteur a conclu à une augmentation assez sensible de la moyenne vertébrale en fonction de la taille mais on doit dire que la comparaison des tableaux qu'il donne pour les années 1952 à 1957 n'est pas très significative. Trop de ses groupes sont peu importants en nombre, principalement pour les grandes tailles ; les chiffres fournis pour les années 1952 et 1957 sont irréguliers et surtout ces variations, indépendantes de la taille, indiqueraient que le matériel d'étude avait des origines différentes ou qu'il concernait des populations distinctes.

3° ***Variation de la moyenne vertébrale en fonction de la température de l'eau au moment de la ponte.*** Comme on le verra au cours de la deuxième partie consacrée à la biologie, la ponte de la sardine a lieu dans le golfe du Lion durant la période hivernale. Dans le secteur de Sète, elle s'étale sur plus de cinq mois, d'octobre à mars, pendant lesquels les conditions de milieu sont loin d'être constantes. C'est ainsi que dans la même zone la température en surface a varié entre 11° et 17° pendant l'hiver 1959-60 et dans des limites semblables au cours des hivers 1958-59 et 1960-61.

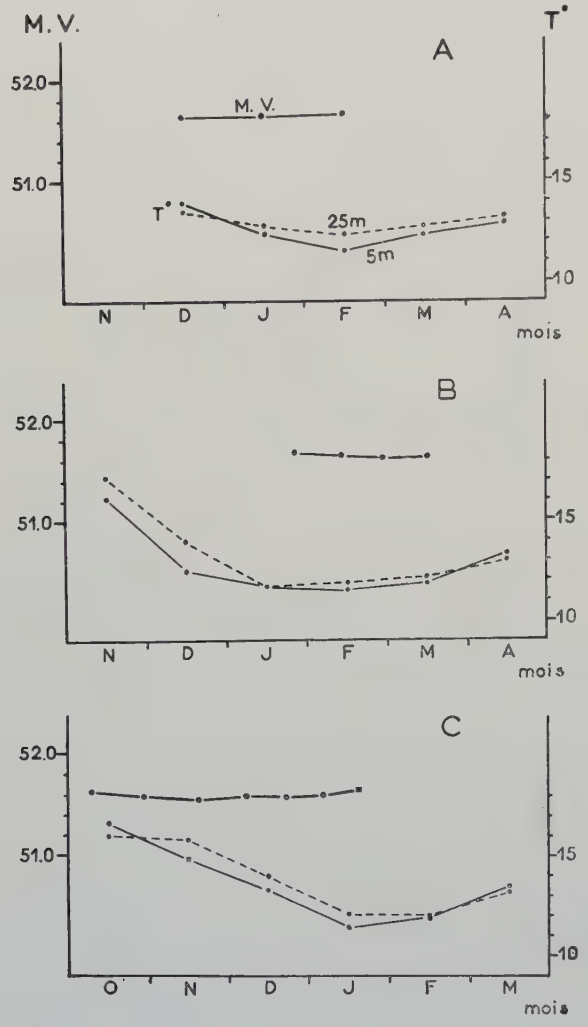

FIG. 16. — *Graphique de la moyenne vertébrale des alevins et variations de la température de l'eau dans la zone de ponte.* A hiver 1958-59, B hiver 1959-60, C hiver 1960-61.

Si les conditions de milieu avaient une action directe sur le déterminisme de la formule vertébrale, les sardines nées au cours d'un même hiver à des époques différentes auraient une moyenne vertébrale également différente.

Si, au contraire, la moyenne vertébrale ne présente que des différences peu sensibles entre chaque groupes de tailles, on peut estimer que les variations des conditions de milieu au moment de la ponte n'ont pas une influence considérable sur le déterminisme du nombre de vertèbres. Il s'ensuivrait que les sardines, dans leur milieu naturel, ne sont pas aussi sensibles aux brusques changements de température que les poissons d'autres espèces sur lesquels on a pu faire des expériences qui ont fait douter leurs auteurs de la valeur du caractère vertébral.

Nous avons comparé les moyennes vertébrales de sardines nées à des moments différents pendant chacun des hivers 1958-59, 1959-60 et 1960-61. Ces observations ont été menées en trois temps.

a) Le premier examen a porté sur 338 jeunes sardines de 3,5 à 7 cm capturées au cours du printemps 1959 et qui ont été groupées en fonction de leur mois probable de naissance, d'après la courbe de croissance établie pour les sardines de Sète âgées de moin d'un an.

On voit ainsi que la moyenne vertébrale est de (fig. 16 A et tabl. V):

51,68 pour les jeunes nés en décembre 1958,
51,66 pour ceux nés en janvier 1959,
51,65 pour ceux nés en février 1959.

Malgré des variations de température supérieures en surface à 2°, la moyenne vertébrale n'a pratiquement pas changé.

b) De nouvelles observations sont faites en 1960. Elles portent sur 418 post-larves de 2 à

3,5 cm capturées au filet à plancton dans le port de Sète le 12 mai 1960. Les vertèbres ont été dénombrées après coloration.

L'examen de la moyenne vertébrale de ces post-larves réparties en quatre groupes suivant le mois d'éclosion révèle une grande stabilité. Sa valeur se situe entre 51,63 et 51,66. L'amplitude de variation est de 0,03, elle peut être considérée comme négligeable (fig. 16 B).

c) Cette étude est poursuivie en 1961. Le 12 avril, 1 566 jeunes individus sont pêchés dans les canaux de Sète. Ils mesurent de 2,5 à 6 cm et sont nés entre octobre 1960 et janvier 1961. Pendant ces quatre mois la température présente en surface et à 25 m des variations de 4 à 5°. Pour cette longue série de jeunes la moyenne vertébrale ne varie que très peu et sans ordre apparent (fig. 16 C).

En rapprochant ces trois séries d'observations, on constate que les chiffres obtenus pendant les trois hivers successifs sont très voisins. Les différences affectent, et de très peu, seulement la deuxième décimale. Les conditions de milieu, température surtout, ont pourtant dans ces trois cas, varié dans des proportions importantes (plusieurs degrés centigrades pour la température, plusieurs grammes par litre pour la salinité). Elles n'ont donc pas eu apparemment une influence directe sur le déterminisme du nombre de vertèbres.

Cette constatation entraîne quelques remarques. De nombreuses expériences ont déjà été faites au cours de ces dernières années à propos de l'influence de la température de l'eau sur le nombre de vertèbres chez les poissons.

C'est ainsi qu'après certaines expérimentations sur *Salmo trutta*, SCHIMDT, en 1921, estime que les œufs se développant dans des eaux à température moyenne donnent naissance à des larves ayant un nombre relativement faible de vertèbres. Ceux se développant dans des eaux à température extrême, haute ou basse, donnent naissance à des larves à moyenne vertébrale élevée.

Ces conclusions sont admises par TANING qui vérifie en 1950 et en 1952 les résultats de SCHIMDT. Cette opinion est également partagée par ITAZAWA en 1959 à la suite d'une étude sur *Channa argus*.

Les indications données par GABRIEL en 1944, DANNEVING en 1950, KUBO et KOBAYASCHI en 1953, LINDSEY en 1954 sont différentes. Ces auteurs ont procédé à des expériences sur *Fundulus heteroclitus, Pleuronectes platessa, Oncorhynchus keta* et *Macropodius opercularis*. Ils estiment que le fait de placer les œufs dans des eaux à basse température détermine chez les poissons qui en sont issus un nombre plus élevé de vertèbres que lorsque les œufs sont placés dans des eaux chaudes.

Des variations importantes ou brutales de la température peuvent donner en laboratoire des résultats impressionnants, même, et c'est le cas, si les variations corrélatives du nombre de vertèbres ne se produisent pas toujours dans le même sens.

On oublie trop aussi que ce qui se passe dans un aquarium de dimensions réduites ne peut être étendu aux conditions naturelles. Un poisson soumis, dans son milieu naturel, à des conditions de température qui le gênent, surtout au moment de la ponte, les évite en se déplaçant soit en profondeur, soit horizontalement et parfois (c'est le cas des migrateurs) sur de longues distances. De plus, dans un aquarium expérimental, l'animal subit des conditions inusuelles qui peuvent déclencher sur différents plans des dérèglements qui ne se produisent pas dans la nature et auxquels on ne saurait se référer pour expliquer des phénomènes naturels.

Revenons-en à la sardine qui n'a d'ailleurs jamais fait l'objet d'expériences de ce genre mais pour laquelle RUIVO et MONTEIRO ont prétendu, par un simple examen comparatif des larves et de la température de l'eau dans la région de Banyuls en 1954, montrer que, pour cette espèce dans son milieu naturel, il en allait de même que pour les Salmonidés en aquarium.

Ces deux auteurs ont voulu voir dans une variation de l'ordre de 2° de la température au cours des mois pendant lesquels se fait la ponte, la cause d'une différence de moyenne vertébrale qu'ils chiffrent à 0.47. Pour eux cette moyenne augmente de 51.78 à 51.87, de la classe 35 mm aux classes 40 et 45 mm ; elle serait « remarquablement plus basse » pour la classe 50/55 mm : 51.40. Cette moyenne basse correspondrait à des alevins nés dans des eaux « encore relativement chaudes du début décembre », celles plus élevées des classes 40/45 mm correspondant aux eaux froides de janvier.

Ainsi, à leur avis, à la température la plus élevée correspondrait la moyenne la plus basse et inversement.

Etant donné les conditions dans lesquelles ces observations ont été faites elles doivent, nous semble-t-il, être considérées avec la plus grande réserve. En effet, la courbe de croissance que ces auteurs ont utilisée n'a pas été établie sur les sardines de Banyuls de la même année ; elle a été tirée d'un travail fait 40 ans plus tôt (FAGE, 1913) sur des sardines des côtes de Provence et elle diffère sensiblement de celle que nous avons dressée pour les sardines du Golfe.

Les conclusions de RUIVO et MONTEIRO ont d'ailleurs déjà été contestées (LARRANETA, 1958). Nos propres résultats provenant d'examens comparatifs durant trois hivers consécutifs les infirment absolument.

Ils montrent que les changements de température enregistrés au cours d'une longue période de ponte n'ont pas, de toute manière, une influence visible sur la formule vertébrale d'une génération de sardine. Ceci suffit à conserver à la variabilité de ce caractère tout son intérêt pour l'étude des groupements raciaux qu'ils permettent de suivre au long de leurs déplacements plus ou moins étendus.

La stabilité de la formule vertébrale d'un groupement donné et, par conséquent, la valeur de ce caractère ainsi établie, nous complètons nos données par les résultats obtenus pour les secteurs de Marseille et du Roussillon.

B) Région de Marseille et du Roussillon.

La moyenne vertébrale est de 51.67 pour 192 sardines pêchées près de Marseille en novembre 1950. Ce chiffre, bien que voisin de celui obtenu pour Sète, lui est légèrement supérieur. En revanche, le polygone de fréquence qui présente la répartition du nombre de vertèbres des sardines de Marseille est identique à celui des sardines de Sète.

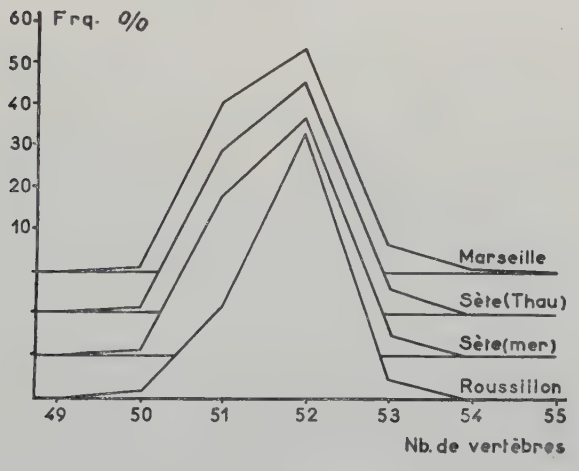

FIG. 17. — *Polygones de variation des moyennes vertébrales pour les sardines de différents secteurs du golfe du Lion.*

Les sardines provenant du Roussillon ont été capturées de janvier à juillet 1959. Elles sont au nombre de 245. La moyenne vertébrale est un peu plus élevée que celle de Sète et de Marseille puisqu'lle atteint 51.72.

La comparaison des polygones de variation du nombre de vertèbres pour les trois secteurs du golfe du Lion met en relief cette différence (fig. 17). Si les polygones de Sète et de Marseille sont tout à fait comparables, celui du Roussillon affecte une forme différente. Le groupe à 51 vertèbres est relativement moins important que dans les cas précédents. La dominance du groupe 52 est nettement plus marquée.

C) Comparaison avec les autres régions.

D'après les résultats donnés par d'autres auteurs, la comparaison des moyennes vertébrales des sardines provenant de différentes régions de la Méditerranée permet d'observer une légère diminution de la moyenne avec la latitude (fig. 18). Cette diminution est plus sensible aux abords du détroit de Gibraltar.

La moyenne vertébrale des sardines du golfe du Lion est la plus élevée du bassin occidental. Pour l'ensemble de la Méditerranée, les chiffres maximum sont obtenus dans le Roussillon et sur la côte Dalmate, ce qui confirmerait le caractère septentrional de ces régions.

En Atlantique, les moyennes vertébrales sont plus étalées et, sauf pour Madère et les Açores, moins élevées à latitude égale.

C'est en se basant sur ce caractère que FURNESTIN a nettement séparé en 1950 la sardine méditerranéenne de la sardine atlantique sur les lots capturés dans le détroit de Gibraltar.

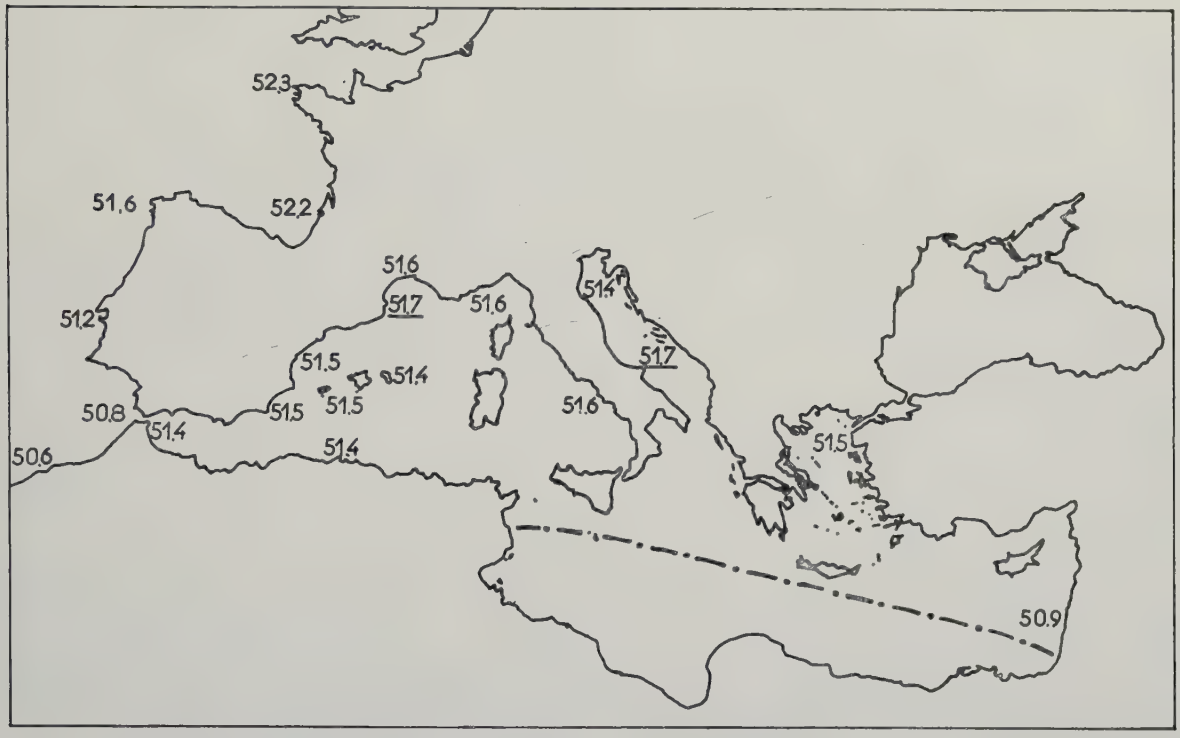

FIG. 18. — *Moyenne vertébrale des sardines méditerranéennes et atlantiques. Répartition géographique (la ligne en points et tirets marque la limite méridionale de la sardine en Méditerannée).*

2. - Branchiospines

REGAN en 1916 a été le premier à mettre l'accent sur l'importance du dénombrement des branchiospines dans la détermination des sardines européennes. Il s'est basé sur ce caractère pour différencier en deux sous-espèces distinctes les sardines atlantiques et méditerranéennes.

L'examen des branchiospines présente pourtant une certaine difficulté : leur nombre augmente avec la taille. Les comparaisons ne peuvent se faire qu'entre spécimens de même taille ou à la rigueur sur l'ensemble d'une population pour laquelle le plus grand nombre de tailles est représenté.

Les sardines du golfe du Lion qui constituent du point de vue morphologique un groupe relativement homogène représentent sous cet aspect un excellent matériel. Les branchiospines ont été dénombrées sur 3 429 d'entre elles [1].

A) Région de Sète.

Les sardines de Sète ont été réparties en trois groupes (fig. 19) :
le premier comprend 363 jeunes sardines de 3 à 4,5 cm pêchées dans les canaux de Sète,
le deuxième est composé de 154 poissons de 5 à 12,5 cm provenant des canaux et de la mer,
le troisième, le plus important, représente 2 668 sardines de 13 à 18 cm capturées en mer.

(1) Le nombre de branchiospines indiqué est celui de la branche antérieure de l'arc branchial habituellement nommée grand arc, les branchiospines de la branche distale n'ayant pas donné d'indications significatives.

a) Pour le premier groupe, l'augmentation du nombre de branchiospines en fonction de la taille est très rapide (tabl. VI).

A 3 cm la moyenne est de 19,75 , à 4 cm de 26,00 , elle atteint 30,24 à 4,5 cm . L'augmentation moyenne est donc de 10 branchiospines environ pour 1,5 cm . Pour préciser cette augmentation, la droite de régression de Y en X est établie.

Elle a pour équation : $Y - 26{,}18 = 0{,}70\ (X - 39{,}72)$ [1].

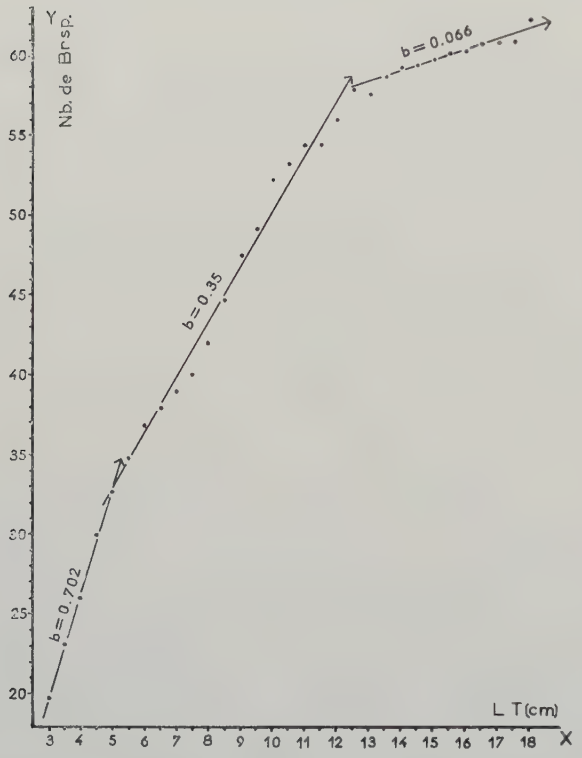

FIG. 19. — *Distribution du nombre moyen des branchiospines pour les sardines de 3 à 18 cm . Région de Sète. Régression de Y en X.*

Pendant cette période, le nombre minimum de branchiospines est de 19 et le nombre maximum de 34.

b) Les sardines qui constituent le deuxième groupe sont au stade juvénile ; l'augmentation du nombre de leurs branchiospines est moins rapide que précédemment mais elle est toujours importante (tabl. VII).

La moyenne est de 32,71 à 5 cm , de 42,00 à 8 cm et de 57,80 à 12,5 cm. Pour un accroissement de 7,5 cm de la longueur totale l'augmentation moyenne du nombre de branchiospines est d'environ 25 unités. La valeur du coefficient de régression bY/X est de 0,35.

L'équation de la droite de régression devient : $Y - 42{,}91 = 0{,}35\ (X - 78{,}44)$.

On observe un certain ralentissement dans l'augmentation moyenne à partir de 10 cm . Pendant la période juvénile, le nombre minimum de branchiospines est de 30 et le nombre maximum 61.

c) Pour les sardines adultes de plus de 13 cm , l'augmentation du nombre de branchiospines est beaucoup moins rapide que dans les deux cas précédents (tabl. VIII).

A 13 cm la moyenne est de 57,53. Elle atteint 62,28 à 18 cm . Pour un accroissement de 5 cm l'augmentation moyenne du nombre de branchiospines n'atteint pas 5 unités. La valeur de bY/X est de 0,066 .

L'équation de la droite de régression s'exprime : $Y - 60{,}04 = 0{,}066\ (X - 154{,}95)$.

Au cours de cette période, le nombre de branchiospines atteint un minimum de 53 et un maximum de 67.

En résumé, le nombre de branchiospines augmente très rapidement avec la taille chez les sardines de moins de 5 cm . Cette augmentation s'atténue légèrement pendant la période juvénile. Une tendance à l'isométrie se manifeste chez les adultes.

Pour comparer ces résultats avec ceux obtenus dans les deux autres secteurs du golfe du Lion ce matériel a été partiellement repris. Le nombre moyen de branchiospines a été établi pour 2 165 sardines de 15 à 18 cm (tabl. IX). Pour ce lot, le nombre moyen de branchiospines est de 60.25 . La valeur du coefficient de régression est de 0.053 .

L'équation d'Y en X s'établit alors : $Y - 60{,}25 = 0{,}053\ (X - 158)$.

---

(1) 26,18 est le nombre moyen de branchiospines, 39,72 est la taille moyenne en mm, 0,70 est le coefficient de régression bY/X.

B) Région de Marseille et du Roussillon.

Les 173 sardines provenant de la baie de Marseille mesurent de 15 à 18 cm. Ici aussi le nombre de branchiospines augmente légèrement avec la taille. La comparaison des moyennes laisse apparaître dans ce cas une légère supériorité par rapport à Sète mais cette différence n'est pas significative car elle n'est pas régulière. Elle porte surtout sur les tailles de 15,5 et 16 cm (tabl. X).

La droite de régression établie pour Marseille est presque parallèle à celle de Sète. La valeur de bY/X est de 0,048 .

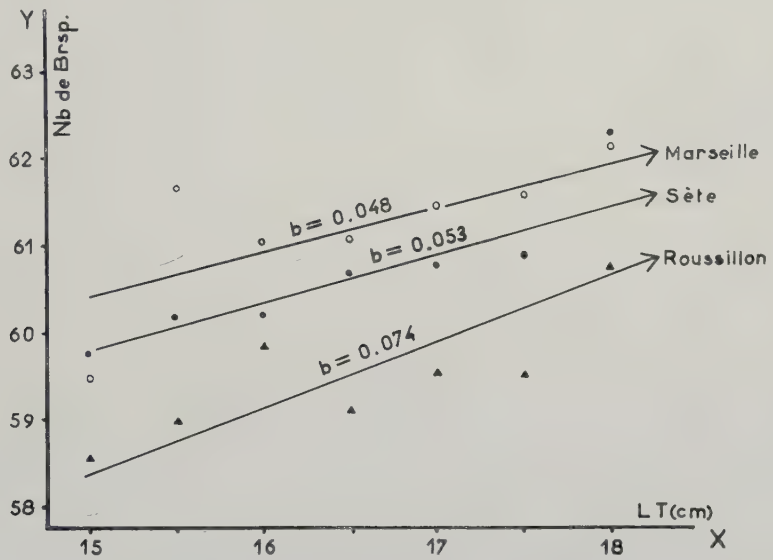

FIG. 20. — *Distribution du nombre moyen de branchiospines pour les sardines de 15 à 18 cm, Marseille, Sète et Roussillon. Régression de Y en X.*

L'équation de la droite de régression devient : $Y - 61{,}32 = 0{,}048\ (X - 167{,}49)$.

Les 271 sardines capturées dans le Roussillon mesurent également de 15 à 18 cm . L'augmentation du nombre de branchiospines avec la taille est très régulière. Elle est un peu plus rapide que pour Sète et Marseille (fig. 20).

Les moyennes établies en fonction de la taille sont toujours nettement inférieures à celles de Sète. Cette différence, sauf pour 16 cm , est supérieure à une unité.

Le coefficient de régression est nettement plus élevé que celui de Sète et même de Marseille. Il est de 0,074 (tabl. XI). Il s'ensuit que la droite de régression a une pente nettement plus accentuée que dans les deux cas précédents.

Sa formule est : $Y - 59{,}41 = 0{,}074\ (X - 163{,}19)$.

Il semble donc que les sardines du Roussillon aient un nombre de branchiospines légèrement inférieur à celui des sardines de Sète et de Marseille (tabl. 3).

C) Comparaison avec les autres régions.

D'une manière générale, les travaux concernant les branchiospines et portant sur l'ensemble du cycle vital des poissons sont rares. Il n'existe pas pour la sardine, à notre connaissance, de travail analogue à celui publié par FURNESTIN et VINCENT en 1958, sur les aloses du Maroc.

1° *Atlantique.*

ANDREU a étudié en 1953 les sardines de Vigo. Les branchiospines ont été dénombrées par cet auteur sur des exemplaires de 8 à 23 cm . D'après ces observations, le nombre de branchiospines

Taille (en cm)	Sète				Roussillon				Marseille			
	Fréq.	Moy.	Min.	Max.	Fréq.	Moy.	Min.	Max.	Fréq.	Moy.	Min.	Max.
15,0	440	59,78	53	68	21	58,57	54	64	8	59,50	56	63
15,5	648	60,19	53	66	44	59,00	54	65	12	61,66	58	65
16,0	627	60,22	53	70	67	59,89	53	68	18	61,05	57	64
16,5	299	60,68	54	70	67	59,12	54	64	43	61,09	55	70
17,0	104	60,78	54	67	36	59,50	56	65	46	61,43	56	70
17,5	33	61,09	55	67	24	59,50	56	63	32	61,56	57	69
18,0	14	62,28	59	67	12	60,75	58	67	14	62,14	58	68
Total	2 165	60,25			271	59,41			173	61,32		

Tabl. 3. — *Nombre moyen de branchiospines en fonction de la taille pour différentes régions du golfe du Lion (sardines de 15 à 18 cm).*

augmente en fonction de la taille. Deux périodes d'accroissement, de valeur différente, sont mises en évidence. Pour les sardines de 8 à 12-13 cm l'augmentation est rapide. La valeur du coefficient de régression est de 0,39 . Cette augmentation est très voisine de celle observée, à taille égale, pour la sardine du golfe du Lion. A partir de 13 cm l'accroissement du nombre de branchiospines est moins marqué mais il est nettement plus fort que dans le golfe du Lion. La valeur de *b* est de 0,21 dans la région de Vigo et de 0,066 dans le golfe du Lion.

On peut estimer que l'augmentation du nombre de branchiospines est plus rapide pour la sardine atlantique que pour la sardine méditerranéenne, à partir de la première maturité sexuelle. Ceci peut être expliqué par l'examen comparé de la croissance. Celle de la sardine méditerranéenne est plus lente que celle de la sardine atlantique.

Ces résultats confirment d'autre part la distinction établie par Regan (1916) et précisée par Furnestin (1950_b) entre la sardine de Méditerranée et la sardine de l'Atlantique.

A la même latitude et à taille égale la première a, par rapport à la seconde, un nombre de branchiospines nettement inférieur : les sardines de 15 cm pêchées à St-Jean-de-Luz ont une moyenne de 71,3 branchiospines (Andreu, 1953); à cette taille la moyenne est de 59,78 pour Sète.

Taille (en cm)	Méditerranée						Atlantique	
	Sète (Lee)		Castellon (Andreu)		Estepona (Andreu)		Vigo (Andreu)	
	Moy.	Nb.	Moy.	Nb.	Moy.	Nb.	Moy.	Nb.
12,0	56,00	1	58,70	24			60,00	34
12,5	57,80	10	60,00	24			61,90	54
13,0	57,53	15	59,80	39			62,80	13
13,5	58,64	67	61,70	24			62,00	8
14,0	59,21	131	61,00	17			65,20	37
14,5	59,14	290	61,70	3	64,7		66,80	40
15,0	59,78	440	65,00	5			68,40	36
15,5	60,19	648	61,70	3			66,60	41
16,0	60,22	627	65,00	1			69,50	35

Tabl. 4. — *Valeur moyenne du nombre de branchiospines en Méditerranée occidentale et en Atlantique.*

Les sardines du Maroc mesurant de 10 à 17 cm ont 65 à 89 branchiospines (Furnestin, 1950_b). Dans le golfe du Lion les chiffres pour les mêmes tailles ne dépassent pas 48 à 67. Dans le premier cas, la moyenne est de 80, elle est de 59,90 dans le deuxième.

Ces faits mettent en évidence l'importance du dénombrement des branchiospines dans la détermination des races.

2° *Méditerranée.*

Il ressort des observations comparées qu'en Méditerranée comme en Atlantique le nombre moyen de branchiospines augmente du nord au sud. Ceci est à l'inverse de ce qui a été constaté pour les vertèbres.

C'est dans le golfe du Lion et spécialement dans le Roussillon que le nombre de branchiospines est le moins élevé. C'est à proximité du détroit de Gibraltar que la moyenne est la plus forte (tabl. 4).

Pour les branchiospines comme pour les vertèbres nos données mettent en évidence le caractère particulier et « septentrional » du golfe du Lion.

CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE.

L'examen de plusieurs caractères morphologiques variables a permis non seulement de préciser leur valeur pour une étude biologique et systématique de l'espèce mais encore de situer les sardines du golfe du Lion par rapport à celles des autres secteurs méditerranéens et atlantiques.

a) Les caractères métriques comme la longueur céphalique et la distance pré-dorsale nous renseignent sur les modalités de la croissance linéaire de la sardine au cours de ses différentes phases : larvaire, juvénile, adulte. Ils sont insuffisants pour différencier sur le plan de la systématique les sardines du golfe du Lion mais ils laissent pourtant entrevoir que ces dernières ont un indice céphalique un peu plus faible et un indice prédorsal plus élevé que les sardines des autres secteurs méditerranéens.

b) Les caractères numériques : formule vertébrale et formule branchiospinale, la première invariable avec l'âge et la seconde variable mais toutes les deux également excellentes du point de vue de la systématique, séparent nettement les sardines méditerranéennes de celles de l'Atlantique.

A latitude égale, les premières ont une moyenne vertébrale plus élevée que les secondes. Le nombre de leurs branchiospines, à taille égale, est en revanche très inférieur :

71,3 branchiospines pour les sardines de St-Jean-de-Luz,
59,7 branchiospines pour les sardines de Sète.

Nous avons pu en outre démontrer que le caractère vertébral présente, pour un groupement donné, une constance suffisante qui lui laisse toute sa valeur, contestée à tort par des auteurs à partir d'observations incertaines, comme caractère distinctif de races ou variétés.

Nos conclusions tirées de l'examen de plusieurs milliers de spécimens concordent avec celles de REGAN et de FURNESTIN. Elles nous amènent à considérer sans aucune hésitation que les sardines méditerranéennes appartiennent à une sous-espèce : *Sardina pilchardus sardina,* nettement différenciée de *Sardina pilchardus* de l'Atlantique [1].

c) Les valeurs des caractères métriques et méristiques de la sardine du golfe du Lion nous indiquent que l'homogénéité des populations n'est que relative : les variations, bien que légères, des formules vertébrale et branchiospinale, jointes à la composition suivant l'âge et la taille des groupements locaux, nous poussent à voir dans le peuplement du Roussillon une forme déjà différente de celle de Sète et de Marseille.

Les caractères biologiques et écologiques examinés plus loin nous montreront que cette hétérogénéité se confirme.

---

(1) Il est à remarquer que le nom de *Sardina pilchardus sardina* a été donné par REGAN à la sardine méditerranéenne mais cet auteur étendait l'aire de répartition de cette sous-espèce au Maroc atlantique. Comme FURNESTIN en 1950, nous réservons ce nom à la sardine proprement méditerranéenne.

DEUXIEME PARTIE

BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE

Les caractères morphologiques ont leur utilité en systématique. Ils servent de base à l'étude d'une espèce ou d'un groupement. Cette base, indispensable, n'est pas toujours suffisante. On observe en effet, chez les êtres vivants, des phénomènes que l'on ne peut pas toujours chiffrer mais dont l'examen complète utilement les caractères précités

Ce sont certains de ces phénomènes essentiels : reproduction, croissance, nutrition, auxquels s'ajoutent des données nouvelles sur le métabolisme, le parasitisme, la tératologie et l'hématologie qui feront l'objet de cette deuxième partie.

CHAPITRE I

REPRODUCTION

1. - Evolution sexuelle et ponte

L'évolution sexuelle des sardines du golfe du Lion est étudiée d'après l'examen de 3 828 individus divisés en trois groupes géographiques (tabl. XII en annexe): Sète 3 356 sardines de 12,5 à 19 cm ; Roussillon 279 sardines de 15 à 19 cm ; Marseille 193 sardines de 14,5 à 20 cm .

L'échelle de répartition de la maturité sexuelle adoptée est celle préconisée par FURNESTIN en 1945. Elle comprend 8 stades.

Le stade I correspond au stade immature avant l'évolution sexuelle. Les glandes sont allongées et filiformes.

Le stade II marque le début de cette évolution.

Au stade III les glandes occupent la moitié de la cavité viscérale. Chez les femelles les œufs deviennent visibles.

Au stade IV les glandes occupent les 2/3 de la cavité viscérale. Dans les ovaires les œufs, de tailles diverses, sont opaques.

Au stade V les glandes emplissent la quasi-totalité de la cavité viscérale. Chez les mâles comme chez les femelles elles sont fermes. Dans les ovaires, les œufs sont généralement grands, certains sont translucides.

Au stade VI les glandes perdent leur consistance. Chez les mâles le sperme s'écoule sur simple pression. Chez les femelles les œufs sont de grande taille et transparents.

Le stade VII correspond aux glandes ayant achevé leur fonction ; celles-ci sont flasques et injectées de sang. Les ovaires contiennent encore des œufs résiduels.

Au stade VII-2 les œufs résiduels sont complètement résorbés. Ovaires et testicules deviennent fermes et reviennent à l'état initial du stade II tout en restant plus volumineux qu'au cours du premier cycle sexuel.

Des pêches de plancton, 58 dans le secteur de Sète et 21 dans la région de Marseille et du Roussillon, complètent l'étude de la ponte. Faites conjointement à des observations hydrologiques, elles sont échelonnées entre janvier 1959 et septembre 1960 (1).

---

(1) Le filet à plancton utilisé a 70 cm de diamètre, les pêches sont faites pendant une durée de 15 minutes.

A) Région de Sète.

1° ***Première maturité sexuelle.*** Les glandes sexuelles, mâles ou femelles, des jeunes sardines restent au stade I pendant plus d'un an. Elles ne se développent qu'au cours de la seconde année, pendant les mois d'été. L'évolution est alors rapide. La ponte commence dès l'hiver suivant.

Au début du mois de septembre 1959 la plus grande partie des sardines de 12,5 à 14 cm, c'est-à-dire dans leur deuxième année, sont au stade II et quelques-unes au stade III. A la fin de ce mois, le pourcentage des individus au stade III augmente. On note même la présence d'un mâle de 12,5 cm au stade V.

En octobre et surtout en novembre les stades II sont encore représentés mais la majorité des poissons de 13 et 14 cm a dépassé le stade III. C'est à ces tailles de 13-14 cm que l'on peut considérer la première maturité sexuelle comme généralement atteinte, les mâles étant plus précoces que les femelles (13 cm pour les premiers, 14 cm pour les secondes).

Nous avons aussi constaté que les sardines qui se reproduisent pour la première fois ont une ponte un peu plus tardive que les individus plus âgés.

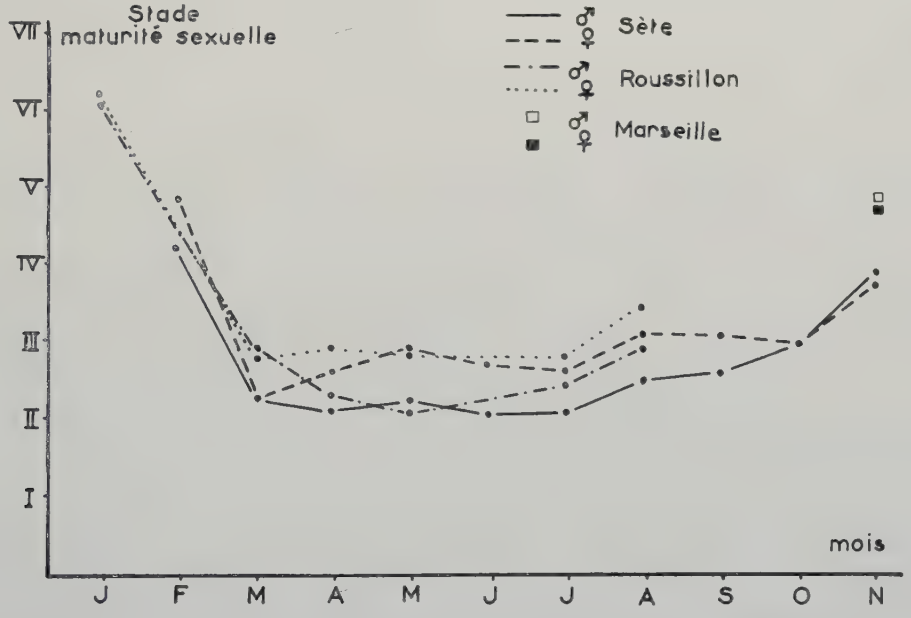

FIG. 21. — *Evolution de la maturité sexuelle moyenne des sardines du golfe du Lion au cours de la saison de pêche 1959.*

2° ***Evolution sexuelle des sardines de plus de 2 ans.*** Les sardines adultes atteignent la maturité sexuelle entre novembre et mars. C'est la période de ponte (fig. 21). Mais la date du déclenchement comme celle de la fin de la ponte est relativement variable. Elle est intimement liée aux conditions hydrologiques.

Pendant l'hiver 1958-59 la ponte s'est terminée à la mi-mars et aucun œuf de sardine n'a été pêché à partir du 17 mars jusqu'à l'automne suivant. L'examen des larves capturées quelques mois plus tard et l'étude de leur croissance confirment que la ponte s'est bien terminée cette année-là dans le courant du mois de mars.

L'hiver suivant la ponte commence en octobre 1959 et se termine en mars 1960.

En automne 1960 le début de la ponte se produit plus tôt. Des œufs sont trouvés dans le plancton à partir de la mi-septembre et, déjà à cette époque, plus de 30 % des femelles ont atteint ou dépassé le stade IV.

L'examen des températures de l'eau explique ces variations annuelles. En 1959 la courbe de la température commence à être ascensionnelle à partir de la mi-mars. C'est à ce moment que se produit la fin de la ponte. Puis, après avoir atteint 22° au cours de l'été, les eaux se refroidissent à la fin de septembre. La première apparition des œufs dans le plancton se fait en octobre. Elle coïncide avec la décroissance de la courbe de température. Mais ce n'est qu'à partir du début de novembre que l'évolution sexuelle affecte la majorité des individus ; la température est alors de 17° environ (surface et 25 m). En 1960, la précocité de la ponte s'explique de la même manière. Pendant la période de ponte proprement dite la température varie, rappelons-le, entre 17° et 11°.

Il convient de noter que l'intensité de la ponte n'est pas régulière au cours de l'hiver. La courbe qui traduit la fréquence des œufs dans le plancton pendant cette saison en 1959 comme en 1960 passe par deux maximum. Le premier se situe en novembre, le second fin février. Ceci peut s'expliquer sans doute par : *a*) la ponte plus précoce des adultes en novembre, *b*) celle plus tardive des jeunes en février.

La période de repos sexuel qui suit la ponte débute dans le courant de mars ; elle s'étend jusqu'en mai pour les femelles et jusqu'en août pour les mâles.

Comme on l'a vu à propos des tailles, les femelles sont, en été, plus avancées sexuellement que les mâles. Ces derniers rattraperont rapidement ce retard et atteindront leur pleine maturité avant les femelles.

B) Région de Marseille.

Les observations sur la maturité sexuelle et sur la ponte dans la région de Marseille sont basées sur l'examen de 193 sardines pêchées près de ce port et sur des prélèvements de plancton faits en mai 1959.

Compte tenu de la taille, l'évolution sexuelle est nettement plus précoce que dans la région de Sète (tabl. XII).

Comme l'a montré la présence de nombreux œufs de sardines dans le plancton en mai 1959 la ponte s'est prolongée plus longtemps que dans le secteur de Sète. Ainsi 712 œufs sont pêchés le 13 mai 1959 entre l'Estaque et Carry-le-Rouet près de la côte. La température de l'eau atteint alors 17°5 en surface mais elle est légèrement inférieure à 12° à partir de 10 m de profondeur.

Pour donner une idée de l'importance de cette capture, disons seulement que le nombre d'œufs récoltés est supérieur à celui obtenu dans la zone de ponte de Sète au plus fort de la période d'émission.

En 1899, Marion a remarqué que la ponte pouvait se prolonger dans la région de Marseille jusqu'à la mi-mai. Nos propres observations confirment ces faits rapportés par Fage en 1913. On peut penser que la ponte continue jusqu'en mai dans la région de Marseille, au moins certaines années lorsque la température de l'eau en profondeur ne s'est pas encore élevée.

C) Roussillon.

Dans le Roussillon comme à Sète la totalité des individus examinés a terminé la ponte au mois de mars. La fin de la ponte correspond, là aussi, à une remontée sensible et régulière de la température.

Nous n'avons pas examiné de sardines de cette région après le mois d'août, la pêche étant alors terminée. On peut penser néanmoins que la préparation à la ponte a été plus précoce au cours de l'été 1959 dans le Roussillon que près de Sète. En juillet 1959 par exemple, 60 % des sardines étudiées sont au stade II, 38 % au stade III, 1,8 % au stade IV. En août plus de 93 % des mâles ont atteint ou dépassé le stade III.

De la fin juillet à la fin août le pourcentage de femelles au stade IV passe de 5,9 % à 58 %. Cette précocité de l'activité sexuelle, par rapport à ce qui est relevé dans la région de Sète, peut s'expliquer par une diminution plus rapide de la température. Ainsi, en août 1959 elle est de 17°9 en surface au large de Collioure alors qu'elle avoisine ou dépasse encore 20° près de Sète.

En résumé, l'activité sexuelle des sardines du golfe du Lion s'exerce surtout de septembre à mars. Le printemps et l'été correspondant à la période de repos.

Dans ce cadre général on observe certaines variations selon les années et selon les régions. Ces variations sont fonction du milieu.

Lorsque les conditions hydrologiques hivernales, au moins en ce qui concerne la température, se prolongent dans une région déterminée ou au cours d'une année exceptionnelle, la période de ponte s'allonge de plusieurs semaines. De même si la température est élevée à la fin de l'été et que l'équilibre hivernal tarde à s'établir il s'ensuit un retard notable dans l'évolution sexuelle mais qui n'interdit pourtant pas absolument la ponte en eaux chaudes.

D'une manière générale les émissions d'œufs les plus importantes se font dans les eaux dont la température se situe entre 17° et 11°.

Cependant il ne semble pas que la ponte soit fonction de limites thermiques précises. Son mécanisme paraît plutôt déterminé par des variations rapides de la température. Elle débute parfois dans des eaux relativement chaudes mais elle est alors d'autant plus importante que la baisse de la température est plus sensible et plus rapide. Inversement, lorsque la température des eaux encore favorable en valeur absolue augmente rapidement, la ponte cesse.

2. - Zones de ponte

Des œufs de sardines sont récoltés dans toute la zone côtière du golfe du Lion, excepté à l'embouchure des fleuves. Mais l'étude quantitative des œufs et la capture de sardines femelles œuvées permettent de préciser l'emplacement de zones préférentielles que nous appellerons « aires de ponte ».

Dans la région de Sète, les œufs de sardines sont surtout récoltés au-dessus de fonds de 20 à 80 m, entre Palavas et Agde. Leur densité est maximum au-dessus des fonds de 40 m environ, c'est-à-dire à 7 milles de la côte. Cette position est confirmée par des pêches de sardines en ponte faites par les chalutiers au cours des hivers 1959 et 1960. C'est principalement sur les fonds de 40 à 70 m, au sud et au sud-est de Sète que les femelles mûres sont prises au chalut.

Dans la région provençale une aire de concentration de sardines en ponte est délimitée au début des hivers 1958-59 et 1959-60 au large des côtes de Camargue, au-dessus des fonds de 70 à 90 m. D'après les enregistrements faits au sondeur ultra-sonore son centre se situe au large de la baie de Beauduc, au-dessus de fonds d'environ 80 m. Une autre zone de ponte est observée en mai 1959 dans la région de Marseille. Elle se place au-dessus des fonds de 60 à 70 m au large de Saussey-les-Pins et de Carry-le-Rouet.

Dans le Roussillon les principales captures d'œufs sont faites en 1958-59 et 1959-60 au large de Collioure, au-dessus des fonds de 35 à 80 m. Ces concentrations de sardines en ponte se tiennent de jour et de nuit près du fond. Elles réagissent mal à la lumière et ne montent pratiquement pas en surface.

Les zones de ponte n'ont pas de limites strictes. Leurs positions et leurs dimensions peuvent varier d'une année à l'autre. Il semble pourtant qu'elles soient distinctes les unes des autres. Les eaux dessalées paraissent établir une barrière naturelle entre elles ; aucun œuf n'ayant été pêché à proximité des embouchures des fleuves.

3. - Œufs et larves

A) Morphologie des œufs.

La morphologie des œufs de sardines du golfe du Lion a été étudiée sur 630 œufs provenant de Sète et 712 des environs de Marseille.

1° ***Caractères généraux.*** Les caractères morphologiques qui permettent de différencier les œufs de sardines de ceux des espèces voisines sont connus. Pour faciliter cette différenciation nous don-

nerons néanmoins un résumé des caractéristiques principales des œufs de sprats, de sardinelles, et de sardines (tabl. 5).

Les œufs de sprats, abondants dans le plancton pendant l'hiver, sont très différents des œufs de sardines avec lesquels on ne risque pas de les confondre.

	Sardine (*Sardina pilchardus sardina*)	Sardinelle (*Sardinelle aurita*)	Sprat (*Clupea sprattus*)
Diamètre de l'œuf (en mm) ..	1,275 à 1,749	1,179 à 1,440	0,93 à 1,5
Capsule	irisée	irisée	irisée
Espace périvitellin	large	large	très réduit
Vitellus	segmentation serrée	segmentation lâche	peu segmenté
Goutte d'huile	unique, jaunâtre diamètre moyen : 0,16	unique, verdâtre diamètre moyen : 0,12	absente
Position de la goutte d'huile sur les œufs	sur la partie postérieure du sac vitellin	sur la partie inférieure du sac vitellin	
Pigmentation	très fine, limitée à la région dorsale	très nette sur la ligne latérale	diffuse

TABL. 5. — *Caractères morphologiques des œufs de sardines, de sardinelles et de sprats du golfe du Lion.*

Stade	Sac vitellin						Embryon (cm)		
	Min. (mm)		Moy. (mm)		Max. (mm)		Min.	Moy.	Max.
	Longitud.	Transvers.	Longitud.	Transvers.	Longitud.	Transvers.			
I	0,627	0,608	0,738	0,716	0,856	0,799			
I-A	0,665	0,645	0,774	0,747	0,875	0,865			
II	0,703	0,608	0,750	0,678	0,875	0,818	1,4	1,44	1,5
III	0,627	0,608	0,763	0,711	0,951	0,856	1,54	1,8	2,0
IV	0,703	0,608	0,761	0,661	0,913	0,761	1,75	2,0	2,1
V	0,703	0,608	0,757	0,667	0,875	0,837	2,0	2,1	2,35
VI	0,703	0,608	0,728	0,633	0,818	0,722	2,4	2,54	2,6
VII	0,665	0,627	0,808	0,630	1,046	0,818	2,55	2,87	2,95
VIII	0,741	0,570	0,888	0,635	1,027	0,722	2,6	3,16	3,49
Total ...	0,627	0,570	0,771	0,681	1,049	0,865	1,4		3,49

TABL. 6. — *Caractéristiques des œufs de sardines du golfe du Lion.*

Les œufs de sardinelles, plus difficiles à distinguer sont en moyenne plus petits que les œufs de sardines. Leur présence n'avait jamais été signalée dans le golfe du Lion avant la récolte faite par nous en septembre 1959 près de Sète (MAURIN et LEE, 1959). La fin de la ponte des sardinelles correspond au début de celle des sardines. Elle se fait dans la même région. Il faut prêter une grande attention aux observations faites en automne pour éviter toute confusion. Il est probable que certaines relations concernant les œufs de sardines et donnant des dimensions anormalement petites doivent être en réalité attribuées à des œufs de sardinelles.

Parmi d'autres confusions possibles signalons que THOMOPOULOS en 1952 a décrit des œufs de sardines provenant de la baie de Banyuls dont le diamètre extérieur dépassait 2 mm. Il nous a été donné de retrouver de tels œufs dans la région de Sète. Leur diamètre varie de 2,10 à 2,14 mm. Le diamètre de la gouttelette d'huile est de 0,34 mm (fig. 22). Un de ces œufs, conservé en laboratoire a éclos au bout de cinq jours. Il a donné naissance à un alevin différent des alevins

de sardines. Sa longueur totale proportionnellement à la hauteur est plus courte que chez la sardine. La résorption du vitellus est différente (fig. 22). Ces œufs qui n'ont pu être déterminés de façon certaine ne sont pas des œufs de sardines. Peut-être s'agit-t-il d'œufs d'argentine.

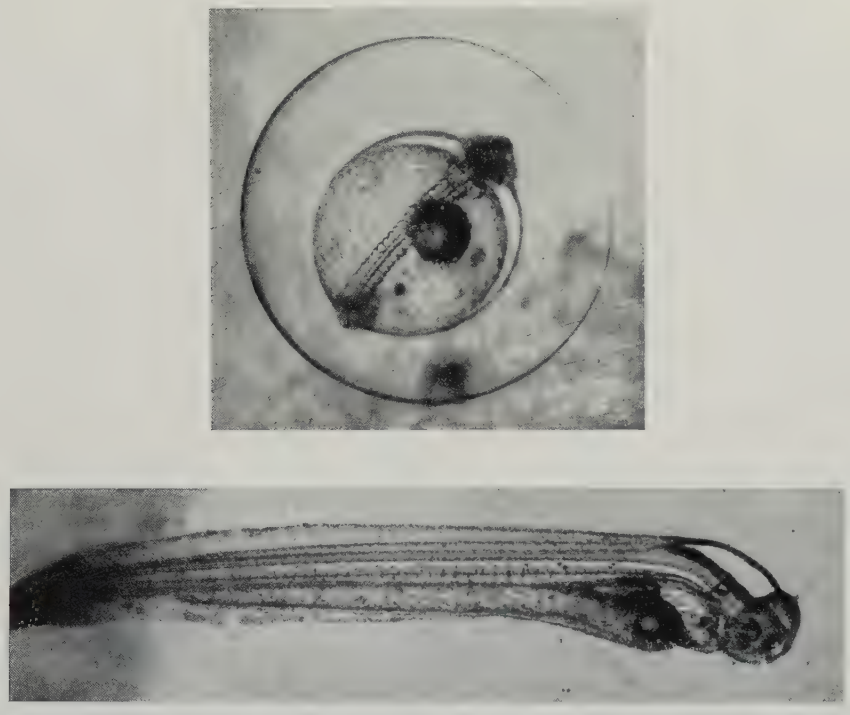

FIG. 22. — En haut : *œuf indéterminé voisin des œufs de sardines ; diamètre de l'œuf : 2,14 mm*. En bas : *embryon donné par un tel œuf après éclosion en laboratoire.*

2° ***Caractères métriques.*** Nous avons mesuré le diamètre extérieur pour la totalité des œufs provenant de Sète et pour 503 œufs pêchés près de Marseille (tabl. 6). Le résultat de ces mensurations montre que les œufs provenant de Sète ne sont pas différents de ceux de Marseille. L'amplitude des variations individuelles est sensiblement la même dans les deux cas [1].

Origine	*Auteur*	*Diamètre min.*	*Diamètre max.*	*Valeur moy.*
Sète	LEE	1,275	1,749	1,502
Marseille	LEE	1,331	1,789	1,524
Banyuls-sur-Mer	RUIVO et MONTEIRO	1,38	1,67	
Castellon	ANDREU et RODA	1,31	1,68	
Naples	RAFAELE	1,50	1,70	
Baléares	OLIVER	1,291	1,750	1,450

TABL. 7. — *Diamètre des œufs de sardines en différentes régions de la Méditerranée occidentale.*

(1) Ces œufs sont examinés à l'état frais, dans l'eau de mer. Pour des mesures précises il est important de ne pas utiliser un liquide conservateur qui provoque des déformations et des phénomènes d'osmose. Les mensurations sont faites sur lame millimétrée Zeiss (précision 1/20 de mm) au moyen d'une loupe binoculaire équipée d'un oculaire millimétré. La différence obtenue entre la mesure calculée donnée par l'oculaire et celle donnée par la lame procure la valeur du coefficient de correction. Les mesures indiquées tiennent compte de ce coefficient.

Cette amplitude est assez importante lorsqu'on étudie un nombre élevé d'exemplaires. Les différences entre le diamètre moyen des œufs provenant de diverses régions ne sont pas significatives (tabl. 7). Il ne paraît pas possible de distinguer d'après ce caractère les différents groupements de sardines de la Méditerranée occidentale.

3° ***Caractères particuliers.***

a) *Œufs fécondés, œufs non fécondés, œufs morts.* Les proportions existant entre les quantités d'œufs fécondés, non fécondés ou morts récoltés dans le plancton peuvent donner des indications sur la fécondité des sardines du golfe du Lion. Au préalable, une définition de ces trois types d'œufs est nécessaire. D'autres auteurs l'ont fait avant nous mais notre opinion diffère des leurs.

Gamulin (1959) considère que tous les œufs opaques sont morts. Il ne fait pas de distinction entre les causes possibles de cette mort.

Pour Muller (1952) les œufs vivants qui viennent d'être pondus mais qui n'ont pas encore été fécondés sont rassemblés dans une enveloppe muqueuse.

Alstrom (1948), Gamulin et Huré (1955) ne font aucune allusion à cette enveloppe muqueuse. Pour eux, les œufs vivants non fécondés sont clairs. Ils ne présentent pas de trace d'embryon. Le pourcentage de ces œufs par rapport aux autres est, à leur avis, très faible.

Nos propres observations nous ont amené à préciser ces définitions et à distinguer cinq cas différents.

I. - Les œufs normalement constitués sont parfaitement clairs. Les différents stades d'évolution peuvent être facilement notés.

II. - Le vitellus est complètement dispersé. Il présente un aspect laiteux. L'œuf est partiellement opaque.

III. - L'œuf est vide. On n'aperçoit ni vitellus ni embryon mais simplement la goutte d'huile collée à la capsule. Il ne faut pas confondre cet œuf avec une capsule vide après éclosion. Cette confusion sera facilement évitée par une légère pression sur l'œuf. Dans le cas présent, la capsule ne porte pas de trace de déchirure et résiste à la pression.

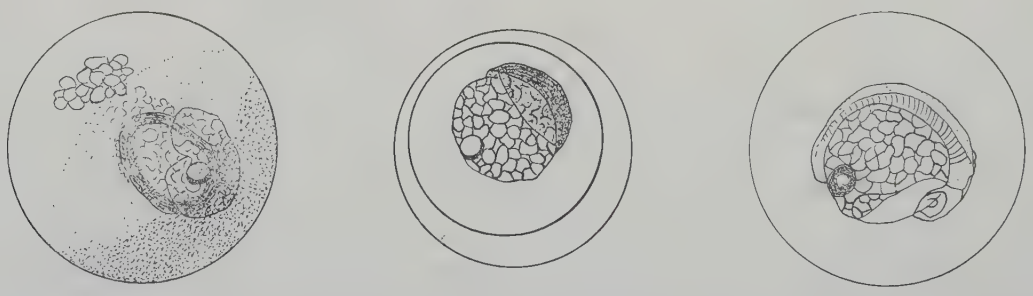

Fig. 23 à 25. — *Œufs de sardines présentant des caractères particuliers.* De gauche à droite : *œuf dont le vitellus est éclaté* (× 22), *œuf à capsule double* (× 20), *œuf à vitellus résorbé d'un seul côté* (× 22).

IV. - L'œuf est partiellement opaque comme dans le deuxième cas mais l'embryon est apparent. Son stade d'évolution correspond généralement au stade 1 (fig. 23).

V. - Le sac vitellin et l'embryon sont apparents mais séparés l'un de l'autre. Le vitellus éclaté est plus ou moins dispersé. L'œuf est plus ou moins opaque selon le degré de dispersion du vitellus. Le stade d'évolution des embryons est assez avancé. Ces embryons sont toujours opaques et déformés.

Dans le premier cas, il s'agit incontestablement d'œufs vivants.

Le deuxième et le troisième cas correspondent, à notre avis, à des œufs morts avant fécondation, en état de désagrégation.

Dans le quatrième et le cinquième cas, il s'agit d'œufs morts après fécondation. Dans le cinquième la mort est probablement due au parasitisme.

Sur 1 342 œufs récoltés dans le golfe du Lion, en 1959 : 64,5 % sont vivants et fécondés, 12,2 % sont morts non fécondés, 23,3 % sont morts après fécondation (tabl. 8).

Les œufs morts, fécondés ou non, sont assez nombreux dans la région de Sète. Leur pourcentage est de 52,1 % .

Dans le lot provenant de Marseille, ils ne représentent que 26 % mais les saisons de captures sont différentes. C'est surtout en janvier, février et novembre que le pourcentage des œufs morts est élevé près de Sète. Ceux de Marseille ont été pêchés en mai.

Origine	Date	Fécondés %	Morts		Nbre
			non fécondés %	après fécondation %	
Sète	15 janvier 1959	100.0	—	—	1
	24 janvier	91.2	5.9	2.9	68
	30 janvier	23.5	—	76.5	68
	21 février	64.5	20.7	14.8	217
	21 février	25.8	70.1	4.1	97
	17 mars		100.0	—	1
	8 octobre	100.0	—	—	7
	3 novembre	26.6	27.2	46.2	158
	21 janvier 1960	75.0	—	25.0	12
	Ensemble des œufs, 15 janv. 1959/21 janv. 60	47.9	25.7	26.4	630
Marseille	13 mai 1959	79.2	0.3	20.5	712

TABL. 8. — *Répartition des œufs fécondés, non fécondés et morts pendant l'année 1959 et en janvier 1960.*

De toute manière, ces pourcentages sont de beaucoup inférieurs à ceux signalés pour d'autres régions méditerranéennes, en Adriatique notamment. En conséquence, on peut dire que la fécondité est bonne dans le golfe du Lion. C'est un facteur rassurant pour l'avenir de la pêche dans cette région où une exploitation plus intensive des bancs de sardines ne devrait pas entraîner de diminution de stock.

b) *Œufs anormaux.* Parmi les œufs récoltés près de Sète et de Marseille, certains sont morphologiquement anormaux. Ces anomalies, à notre connaissance, n'avaient pas encore été signalées.

Quelques exemplaires, quatre en tout, présentent une double capsule. La capsule extérieure est absolument étanche. La distance qui la sépare du vitellus correspond à celle habituellement constatée sur les œufs normaux (fig. 24). La deuxième capsule est irisée comme la première. L'embryon, le vitellus et la goutte d'huile sont normaux.

Un cas plus fréquent : la division de la goutte d'huile. Une première goutte de taille normale est située, comme à l'accoutumée, à l'intérieur du vitellus. Le seconde goutte d'huile, plus petite, lui est accolée. Elle se trouve en dehors du vitellus. Les œufs présentant ces caractéristiques sont à un stade de développement peu avancé. L'embryon n'est pas encore nettement formé.

Certains œufs présentant toutes les caractéristiques des œufs de sardines se différencient des œufs habituels par la résorption du vitellus. Celle-ci se fait d'un seul côté près de la tête de l'embryon (fig. 25). Ce phénomène n'est observé que sur les œufs pêchés en mai près de Marseille.

B) Développement des œufs.

Le développement des œufs a fait l'objet de deux types d'observations. Les unes métriques, les autres qui concernent la vitesse de développement.

1° ***Données métriques.*** Des mensurations de la sphère vitelline et de l'embryon ont été faites sitôt après la récolte sur 382 œufs ayant atteint des stades différents d'évolution. De telles données sont nouvelles pour les sardines du golfe du Lion.

La dimension longitudinale du vitellus augmente en même temps que les œufs se développent. Sa valeur moyenne est de 0,738 mm pour le stade d'évolution 1 et de 0,888 mm pour le stade 8 (1).

En revanche, la dimension transversale diminue. Sa valeur moyenne est de 0,716 mm pour les stades 1 et de 0,635 pour les stades 8.

Pour la taille de la goutte d'huile, les différences constatées sur les œufs sont sans rapport avec leur évolution.

Les mesures effectuées sur 273 embryons montrent que leur longueur moyenne est de 1,44 mm au stade 2 et de 3,16 au stade 8. La croissance de l'embryon est moins rapide entre les stades 3 et 4 qu'entre les autres stades.

2° ***Vitesse de développement.*** La vitesse de développement des œufs de sardines a été observée sur du matériel vivant. Ces œufs ont été récoltés au filet à plancton en février 1959 dans les eaux à 12° environ. Ils atteignent des stades échelonnés entre 1 et 8. Leur conservation se fait en laboratoire jusqu'à l'éclosion à une température d'environ 14°. Dans ces conditions, le temps écoulé entre le stade 1 et l'éclosion est en moyenne de trois jours et demi.

A titre de comparaison, d'autres expériences ont été faites sur des sardinelles (*Sardinellla aurita*). Le développement complet des œufs de ces poissons est obtenu en 24 heures, à une température de 17 à 18°.

Nos résultats sur la sardine indiquent une vitesse de développement plus faible que celle donnée par Oliver en 1957. Cet auteur obtint l'éclosion d'œufs provenant de la région des Baléares au bout de deux jours. Une telle différence peut être expliquée par les expériences faites par Gamulin et Huré pendant l'année 1954 en Adriatique. Elles tendent à établir une relation entre la température des eaux et la vitesse de développement des œufs. Ces auteurs ont effectué par deux fois, en décembre et en mars, des observations prolongées pendant quatre jours sur le développement des œufs en mer. Un prélèvement était fait toutes les deux heures. Le temps nécessaire au développement des œufs était de 46 h 30 en décembre dans des eaux à 18°, et de 90 h 30 dans des eaux à 13°.

Etant donné les conditions particulières dans lesquelles nous avons travaillé, nos propres observations correspondent à ces résultats.

Le temps nécessaire au développement des œufs de sardines paraît bien lié aux conditions thermiques. Il reste cependant compris dans certaines limites. Ces limites peuvent être de 2 jours au minimum et de 5 jours au maximum. Dans tous les cas, elles sont supérieures à celles obtenues pour les sardinelles.

C) Développement des larves et post-larves.

Notre matériel comprend 281 larves de 3 à 22,5 mm et 515 post - larves de 30 à 90 mm . Les premières viennent des canaux de Sète, les secondes de l'étang de Thau.

La détermination des post-larves ne présente pas de difficulté. Il n'en est pas de même pour les jeunes larves. Comme l'a fait Fage, en 1920, il faut, dans ce cas, se référer aux proportions du corps, à la pigmentation, à la position des nageoires et au nombre de myomères.

En ce qui concerne les proportions du corps, les sardines se différencient des anchois par la longueur relative de la tête et de la queue en fonction de la longueur totale.

La position des nageoires ne peut être précisée que sur des individus de plus de 10 mm .

Le nombre de myomères suffit dans la plupart des cas à séparer les larves de sardines de celles des autres espèces. Les larves des sardines possèdent de 51 à 52 myomères. Celles des sardinelles en ont 48, celles des sprats 46 à 48 et celles des anchois 45 à 47 (2). Quand le comptage

(1) La classification donnée par Oliver en 1955 est adoptée. Elle comprend 8 stades.

(2) Le comptage des myomères est fait après coloration au bleu de méthylène et éclaircissement à l'alcool glycériné.

des myomères n'est pas possible même après coloration la disposition de la pigmentation facilite la détermination.

Une fois les larves déterminées, nous les avons groupées de manière à mettre en évidence et à préciser, pour notre région, les différents stades du développement : éclosion, résorption du vitellus, différenciation des nageoires et métamorphose.

1° *Eclosion.* La taille des larves examinées par nous varie à l'éclosion entre 3 et 3,7 mm . La vésicule vitelline est toujours apparente.

2° *Résorption totale du vitellus.* La résorption totale s'effectue peu après l'éclosion, lorsque la larve a grandi d'environ 0,5 mm .

Ainsi, à partir de 4,2 mm toutes nos larves ont totalement résorbé leur vitellus. Le diamètre du vitellus diminue progressivement. Ses dimensions ne dépassent pas 1,08 mm dans le sens longitudinal et 0,68 mm dans le sens tranversal. Du point de vue morphologique la résorption totale du vitellus correspond à un changement dans les proportions du corps. Avant cette résorption totale, la longueur de la tête est égale à celle de la queue. Cette dernière est comprise 7 fois et demi dans la longueur totale. Ce stade dépassé, la longueur de la queue devient supérieure à celle de la tête.

3° *Différenciation des nageoires.* La nageoire dorsale se différencie la première. Sur notre matériel, elle est formée lorsque la larve atteint 10,7 mm, elle présente alors 7 à 8 rayons.

La nageoire anale, elle, commence à devenir visible à partir de 11 mm . Elle est définitivement formée à 15,5 mm .

C'est à 18 mm que la nageoire ventrale apparaît en avant de la vessie natatoire, au niveau du dix-huitième myomère.

4° *Métamorphose.* Dans la région de Sète, la métamorphose débute à 35 mm . Les écailles apparaissent en deux rangées sur le flanc du poisson. La jeune sardine perd sa transparence et acquiert sa forme définitive.

A la taille maximale de 41 mm la métamorphose est complète, la livrée pigmentaire est entièrement transformée et les écailles sont normalement distribuées.

Il ressort des chiffres donnés par Oliver en 1957 que la métamorphose des sardines des Baléares est un peu plus lente. Elle débute à 40 mm et n'est totale qu'à 60 mm .

CHAPITRE II

CROISSANCE

On sait que la croissance de la sardine ne se fait pas de façon régulière tout au long de l'année mais que son intensité varie selon les saisons. Rapide au printemps, elle est ralentie ou même interrompue au cours de l'hiver.

Ces variations peuvent être décelées sur les pièces osseuses ou sur les écailles. Pendant la période où la croissance est forte, le développement des os et des écailles se fait normalement. En période de repos, le développement est réduit ou nul. Les pièces osseuses et les écailles présentent selon l'âge un nombre plus ou moins élevé de larges zones claires alternant avec des zones étroites plus foncées. Ces dernières correspondent à la période de croissance réduite. Habituellement nommées « anneaux d'hiver », elles permettent de déterminer l'âge de l'individu examiné.

S'inspirant de ces règles générales, des chercheurs ont mis au point des méthodes d'interprétation de l'âge et de détermination de la croissance. Ces méthodes s'inspirent de deux procédés : la lecture directe et la méthode scalimétrique.

La première consiste à noter la taille du poisson au moment de l'apparition d'un anneau. Elle exige des observations fréquentes, étalées sur une longue durée.

La seconde, inventée par LEA (1911) permet de déterminer la croissance grâce à l'application d'une formule mathématique simple. On calcule la taille que devait avoir le poisson au moment de l'apparition de chaque anneau marqué sur ses écailles. Cette méthode est devenue d'usage courant.

Les comparaisons faites entre la méthode directe et la méthode scalimétrique ont montré que la précision donnée par cette dernière est suffisante dans l'étude de la croissance des poissons [1].

A) Difficultés rencontrées dans l'étude de la croissance de la sardine du golfe du Lion. Méthodes mises en œuvre pour les résoudre.

Avant de donner les résultats obtenus sur la croissance de la sardine du golfe du Lion, nous devons préciser les difficultés rencontrées dans la lecture des anneaux et nos efforts pour les résoudre.

1° ***Irrégularités dans la disposition des anneaux.***

a) L'anneau peut tout d'abord manquer de netteté. Chez les grands individus, il est parfois absent. Cela se produit surtout si l'hiver est clément. La croissance se poursuit alors toute l'année.

Dans d'autres cas, des anneaux intermédiaires viennent troubler l'alternance normale des anneaux d'hiver. Une ponte tardive, une migration subite, un changement brutal dans les conditions hydrologiques entraînent un ralentissement, parfois même un arrêt, de la croissance au printemps ou en été. Ce ralentissement, ou cet arrêt, se traduit par la formation d'un anneau intermédiaire : le « faux anneau ».

La présence de ces faux anneaux a été remarquée en Atlantique par plusieurs auteurs et particulièrement par FURNESTIN pour la sardine du golfe de Gascogne et PINTO pour celle des environs de Lisbonne.

Comme l'a constaté FAGE, en 1913, ces exceptions à la loi générale sont particulièrement fréquentes en Méditerranée.

b) Il existe une autre irrégularité dans la disposition des anneaux. Elle se présente surtout sur les sardines adultes, à partir de la troisième année. Il s'agit du dédoublement des anneaux d'hiver. Cette irrégularité est facile à déceler (fig. 26).

Il nous semble logique d'attribuer ces faux anneaux et leur fréquence aux variations, également fréquentes, souvent fortes et subites du milieu hydrologique et biologique dans lequel se meuvent les sardines de ce secteur méditerranéen.

Voici trois exemples, parmi beaucoup d'autres, où les irrégularités de structure des écailles correspondent à de brusques changements des conditions écologiques.

1° Une grande partie des sardines capturées en mer, près de Sète, fin juillet et dans le courant d'août 1959, présentent un anneau. Cet anneau est plus net sur les individus âgés que sur les jeunes. Il s'agit là d'un faux anneau (fig. 27). C'est une chute brutale de la température et de la salinité en mer dès le début de juillet 1959 qui est probablement la cause de la formation de ce faux anneau. A la suite de fortes pluies, la salinité est passée de 37.8 ‰ à 35.9 ‰.

2° Les écailles d'une jeune sardine de 6 cm pêchée le 18 juillet 1959 dans le canal de Sète présentent un anneau très net près de la marge extérieure. La distance séparant l'anneau de la marge extérieure de l'écaille est trop faible pour correspondre à une croissance commencée au début de la belle saison, fin mars. Il s'agit, en réalité, d'un faux anneau (fig. 28). L'inscription de ce faux anneau coïncide avec l'entrée dans les canaux de Sète des jeunes sardines venant du large qui s'est produite en mai et en juin. A la suite de ce déplacement ces jeunes se sont trouvés placés dans des conditions de milieu très différentes. Pour ne citer qu'un facteur parmi d'autres, la salinité dans

---

(1) Dans le cas particulier de la sardine du golfe du Lion, RUIVO en 1954 a conseillé de compléter la formule de LEA par un coefficient C dont la valeur est 24 mm. C est la constante représentative des relations entre la taille de l'écaille et celle du poisson.

les canaux a varié pendant ces deux mois entre 32 et 36,5 ‰. Au large, elle était comprise entre 36.7 et 37.7 ‰ à 5 m et s'était maintenue autour de 37.8 ‰ à 25 m.

3° Les écailles d'une sardine de 8,4 cm pêchée le même jour au même endroit sont marquées de deux anneaux bien distincts (fig. 29). Les mesures pratiquées sur l'écaille permettent d'évaluer à 2,6 cm la valeur de L1, taille théorique du poisson au moment de l'apparition du premier anneau. Cette taille est très vraisemblable pour une larve éclose en début de ponte en octobre ou en novembre. Ainsi lorsque l'hiver a commencé, la métamorphose de la larve était terminée et l'anneau d'hiver a pu se marquer. Il peut être considéré comme valable. En revanche, le deuxième anneau situé près de la marge extérieure de l'écaille est un faux anneau. Il s'est inscrit comme dans le cas précédent au moment de l'arrivée des jeunes dans la zone littorale et dans les canaux.

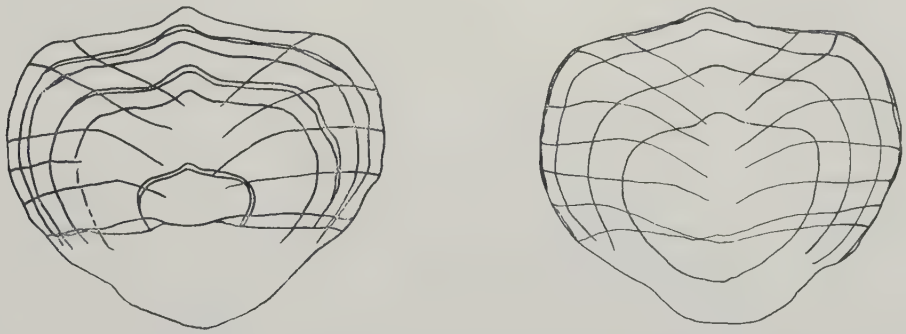

FIG. 26 et 27. — A gauche, *écaille d'une sardine de 14,5 cm âgée de 2 ans révolus : seuls les deux grands anneaux dédoublés sont vrais.* A droite, *écaille d'une sardine de 3 ans pêchée le 25 juillet 1959 : l'anneau extérieur est un faux anneau.*

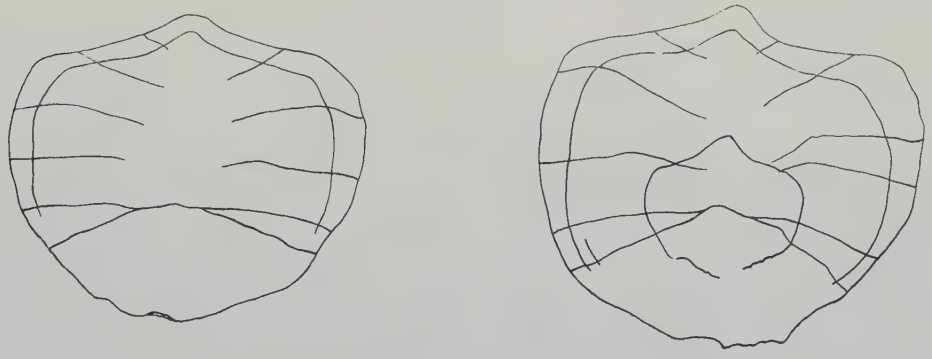

FIG. 28 et 29. — A gauche, *exemple d'écaille présentant un faux anneau (sardine de 6 cm pêchée le 18 juillet 1959).* A droite, *exemple d'écaille présentant un anneau intérieur valable et un faux anneau près de la bordure externe (sardine de 8,4 cm pêchée le 18 juillet 1959).*

2° ***Méthodes utilisées dans l'étude de la croissance des sardines du golfe de Lion.*** La fréquence des irrégularités dans la disposition des anneaux provoque des difficultés d'interprétation. Il nous a été nécessaire de mettre au point une méthode particulière pour l'examen des écailles [1]. Les résultats obtenus ont été vérifiés par l'étude des otolithes.

---

(1) Quatre écailles au moins sont prélevées par individu. Chaque écaille est éclaircie à l'alcool à 40°, conservée sur lame au moyen d'albumine glycérinée mélangée dans du salicylate de soude. Avant l'observation, l'écaille est décollée, passée à la lessive de soude pure, rincée à l'eau et recollée sur lame. La lecture de la taille théorique des sardines est faite grâce à l'utilisation d'un abaque tenant compte de la correction de 24 mm.

Après une étude rapide des écailles de 2 600 sardines de 13 à 19 cm qui a permis d'évaluer dans ses grandes lignes la croissance des sardines de Sète, des mesures précises ont été faites :

sur 354 jeunes sardines de 3 à 4 cm pour la première année de croissance,
sur 648 poissons de 12,5 à 20,5 cm pour les années ultérieures.

En ce qui concerne les otolithes, l'évolution de la forme de la sagitta ainsi que le décompte des anneaux qui y sont inscrits ont été successivement étudiés.

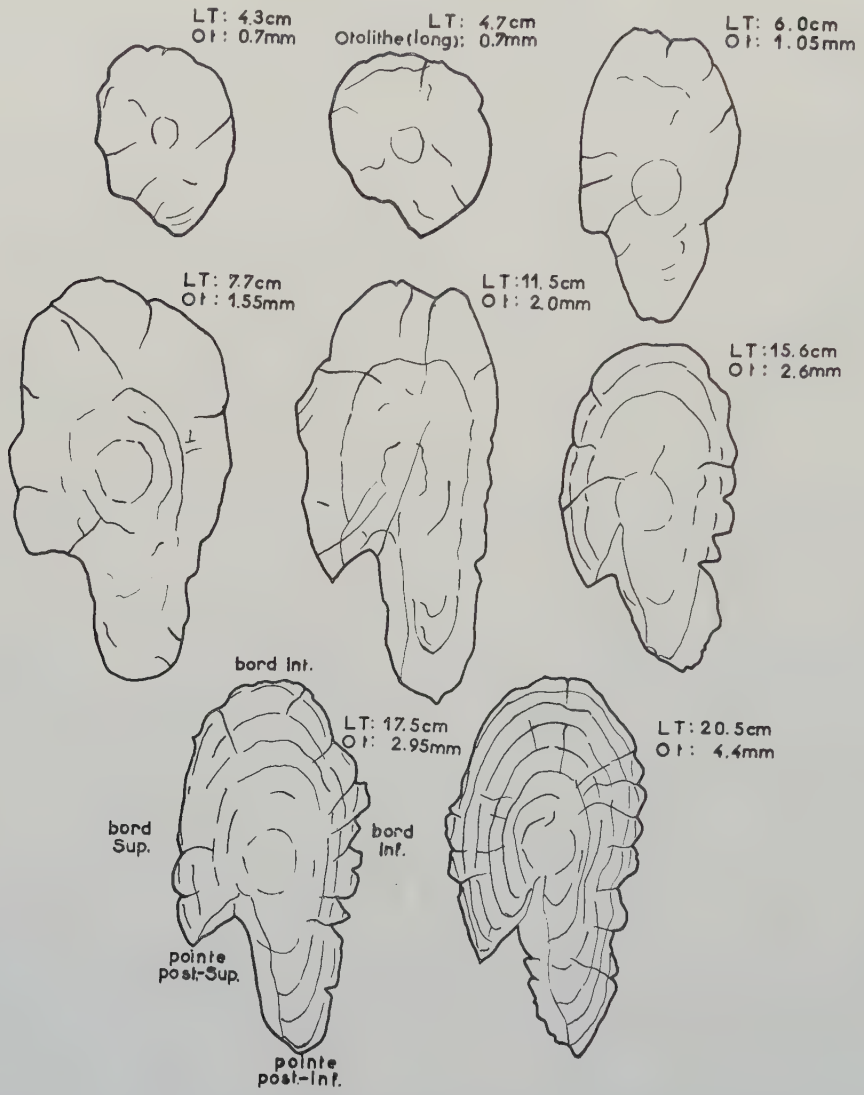

Fig. 30. — *Evolution de la forme de la sagitta en fonction de la taille des sardines.*

A notre connaissance l'évolution de la forme de la sagitta en fonction de la taille n'avait pas encore été précisée. Il a paru utile d'en décrire les principales phases sur les sardines du golfe du Lion, car elle permet, au moins chez les jeunes, de vérifier l'âge du poisson.

La sagitta est ovale chez les jeunes sardines ; sa partie postérieure est arrondie lorsque le poisson a moins de quatre mois. A six mois, cette sagitta présente un aspect allongé, sa partie postérieure se pédiculise. A un an, une autre pointe apparaît sur la partie supérieure, au tiers postérieur.

La forme générale définitive est acquise après un an révolu.

Lorsque la sardine est âgée de deux ans, le bord inférieur de la face externe de cette pièce présente des denticulations qui se multiplient avec l'âge. Vers quatre ans, c'est le bord supérieur qui prend une allure crénelée. A partir de cinq ans la partie supérieure de la pointe extrême devient très fine, transparente et denticulée (fig. 30).

Les anneaux des otolithes peuvent être également utilisés pour l'évaluation de l'âge. Cela a été déjà fait par MUZINIC en 1960 pour la sardine de l'Adriatique. Contrairement à ce qui se produit pour les écailles, les faux anneaux n'y sont pas aussi nets que les vrais. On les différencie facilement. En revanche, il arrive fréquemment que les anneaux vrais soient incomplets et, chez les individus âgés ils ne sont pas tous inscrits.

Le calcul de l'âge théorique du poisson au moment de la formation des anneaux est moins précis que par la méthode scalimétrique. L'examen des otolithes est long et nécessite certaines précautions. Il n'est à recommander que pour compléter les résultats obtenus par l'étude des écailles. Nous l'avons effectué sur 477 sardines de 4,3 à 20,5 cm .

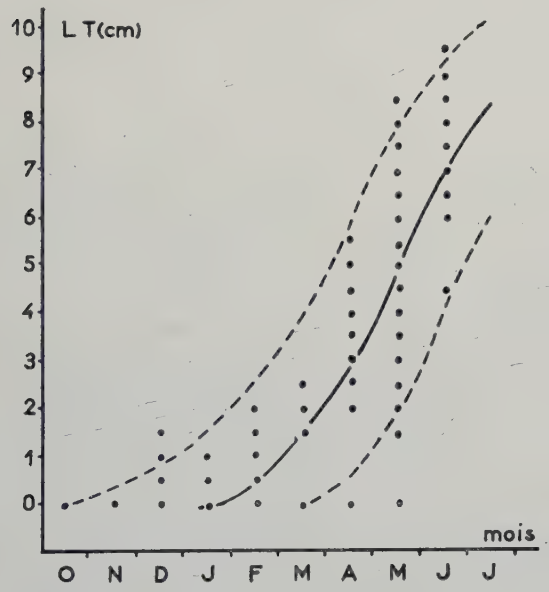

FIG. 31. — *Courbe de croissance des sardines du golfe du Lion au cours de la Ire année.* Les points indiquent les tailles observées au cours d'un mois déterminé entre octobre 1958 et juillet 1959 ; en trait continu : croissance moyenne ; en tirets, croissance des individus nés en octobre et en mars.

B) Sardines de Sète.

1° ***Première année.***

a) *Observation directe.* La croissance des sardines de Sète au cours de la première année est établie sous forme de courbe par la mensuration de 287 larves et de 515 jeunes sardines (fig. 31).

Les premières mesurent de 0,4 à 2,5 cm . Elles ont été pêchées en mer au filet à plancton entre janvier et avril 1959 puis entre octobre 1959 et janvier 1960.

Les secondes atteignent de 3 à 9 cm . Elles ont été capturées dans les canaux de Sète et dans l'étang de Thau entre avril et juillet 1959 (tabl. XIII en annexe).

On sait que durant cette première année, la croissance est continue de l'éclosion au début de l'hiver suivant, mais elle n'est pas toujours constante.

Pour les jeunes nés pendant les premiers mois de ponte, à la fin de l'automne et à l'entrée de l'hiver, elle est d'abord lente puis devient plus rapide à partir de la mi-février. De la mi-octobre à la mi-février, l'accroissement moyen est de 2,8 cm . Il est de 7,5 cm de la mi-février à la mi-juin.

Les causes de ces différences sont probablement : la température, le métabolisme étant ralenti par le froid et accéléré par la chaleur ; la richesse du plancton, plus grande au printemps qu'en hiver.

Pour les jeunes nés au milieu de la saison de ponte, la croissance est plus régulière. La période de croissance lente est limitée à un mois, le dernier mois d'hiver.

Pour les jeunes nés en fin de ponte, la croissance est rapide dès l'éclosion ; elle est à peu près constante.

b) *Scalimétrie.* L'étude des écailles permet de compléter ces données par le calcul de L1, taille calculée de la sardine à la formation du premier anneau.

La valeur moyenne de cette croissance L1 est pour 341 sardines pêchées à Sète en 1959, de 9,6 cm . Le polygone de fréquence des valeurs L1 offre un mode bien net à 9,5 cm, presque identique

à la moyenne calculée, mais sa forme irrégulière montre qu'il est composé d'éléments plus ou moins distincts (fig. 32). Il comporte en fait un mode secondaire à 8-9 cm et un mode principal à 9,5 cm qui traduisent un phénomène que nous avons précédemment signalé, à savoir que la ponte n'est pas vraiment continue mais qu'elle passe par deux maximum, l'un en novembre, l'autre en février. Les deux modes du polygone de la figure 32 expriment ces différences et l'on peut considérer, en fin de compte, que la moyenne de 9,6 cm indiquée plus haut correspond à très peu de chose près à la croissance réelle de la sardine de Sète au cours de sa première année.

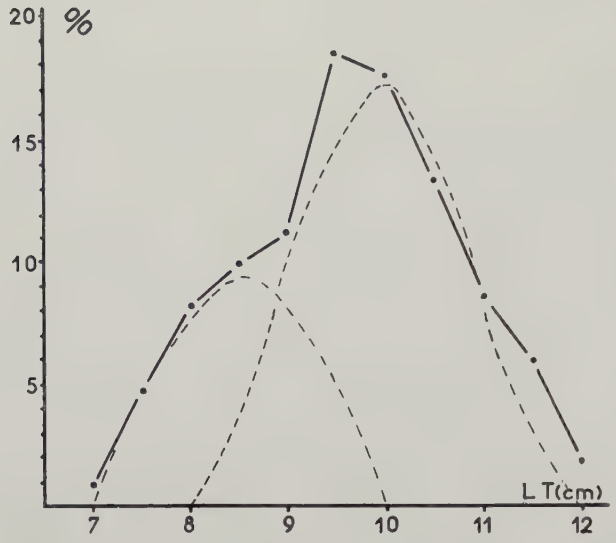

Fig. 32. — *Variation de la valeur de L1 pour 341 sardines d'âges différents pêchées en hiver 1959 à Sète. Remarquer la présence d'un mode principal autour de 10 cm et d'un mode secondaire à 8-9 cm.*

2° ***Années suivantes.*** La croissance des jeunes sardines au cours de la première année n'a pas toujours une valeur constante mais elle est continue. Il n'en est pas de même pour les années suivantes.

Dès la fin de la première année, elle s'arrête ou, tout au moins, se ralentit très fortement dans le courant du mois de novembre pour reprendre fin mars-début avril. Cette période représente la fin de l'inscription de l'anneau d'hiver sur les écailles. C'est elle qui sert de base à nos observations.

Les résultats donnés ici sont obtenus par la méthode scalimétrique et par la méthode directe. La moyenne des chiffres fournis par les deux méthodes permet d'indiquer la taille atteinte par les sardines de Sète après chaque année révolue (tabl. 9). Les renseignements ainsi obtenus sont contrôlés par l'observation des otolithes.

Hiver	Méthode scalimétrique		Méthode directe			Croissance moyenne	
	Nombre d'individus	Taille moyenne (en cm)	Nombre d'anneaux	Nombre d'individus	Taille moyenne (en cm)	Années révolues	Taille (en cm)
1	342	9,6	0	—	—	1	10,3
2	237	13,3	1	—	—	2	13,8
3	95	15,4	2	143	15,0	3	15,2
4	25	16,7	3	70	16,3	4	16,5
5	10	17,7	4	16	17,4	5	17,5
6	6	18,3	5	5	18,3	6	18,3

Tabl. 9. — *Croissance des sardines de Sète.* Les chiffres donnés pour la méthode scalimétrique sont établis en tenant compte d'un coefficient de 24 mm.

La taille moyenne est de 10,3 cm pour un an révolu, de 13,8 cm pour deux ans, de 15,2 cm pour 3 ans, de 16,5 cm pour 4 ans, de 17,5 cm pour 5 ans, de 18,3 cm pour 6 ans.

Signalons aussi que des sardines pêchées dans l'étang de Thau, âgées de sept ans, mesurent en moyenne 19 cm.

C) Sardines de Marseille et du Roussillon.

1) L'examen de 150 sardines de Marseille montre que dans cette région la croissance moyenne au cours de la première année, calculée par la méthode scalimétrique, est de 9,3 cm. Elle est très légèrement inférieure à celle donnée pour Sète. La prolongation de la ponte jusqu'en mai est probablement à l'origine d'une telle différence. Pour les périodes ultérieures de croissance les résultats obtenus à Marseille sont très comparables à ceux de Sète (tabl. 10).

Hiver	Méthode scalimétrique		Méthode directe		
	Nombre d'individus	Taille moyenne	Nombre d'anneaux	Nombre d'individus	Taille moyenne
	Marseille				
1	150	9,3	0	—	—
2	150	13,5	1	—	—
3	120	15,6	2	30	15,6
4	41	16,7	3	79	16,7
5	2	17,5	4	39	17,4
6	--	—	5	2	18,7
	Roussillon				
1	164	9,6	0	—	—
2	163	13,7	1	—	—
3	130	15,6	2	6	16,0
4	43	16,6	3	15	16,6
5	9	17,3	4	7	17,6
6	--	—	5	—	—

Tabl. 10. — *Croissance des sardines de Marseille et du Roussillon.*

2) Dans le Roussillon 164 sardines de tailles différentes sont examinées. La valeur calculée de L1 est de 9,6 cm en moyenne. Comme à Sète, la croissance peut être estimée à 10 cm pour les douze premiers mois de la vie. Pour les années ultérieures les différences avec Sète sont très peu sensibles.

La croissance est donc à peu de chose près identique dans les trois secteurs du golfe du Lion.

D) Comparaison avec les autres régions.

La croissance de la sardine du golfe du Lion est nettement plus lente que celle de l'Atlantique.

D'après Furnestin, la sardine de St-Jean-de-Luz mesure de 15 à 16 cm à deux ans, soit une différence de 2 cm par rapport à celle du golfe du Lion.

D'autre part, nos observations traduisent une croissance plus rapide que celle indiquée par Fage en 1913 pour les sardines des côtes provençales. Mais si l'on s'en réfère aux résultats donnés par d'autres auteurs, la croissance de la sardine du golfe du Lion, au cours de la première année, serait un peu plus lente que dans les autres régions méditerranéennes.

Pour les individus plus âgés, nos chiffres sont comparables à ceux des côtes du nord de l'Espagne, de l'Adriatique, de la Mer Egée et des côtes de l'Algérie.

Ils sont plus faibles que ceux indiqués pour l'Espagne du sud et les Baléares. Dans ces deux dernières zones la croissance paraît plus rapide à tous les âges que dans le golfe du Lion.

CHAPITRE III

NUTRITION

La nutrition des sardines est mise en évidence par l'examen quantitatif et qualitatif des contenus stomacaux. En comparant ces contenus stomacaux au plancton ambiant l'examen apporte en outre des éléments intéressants sur les déplacements des sardines. Nous l'avons pratiqué sur 3 214 sardines de Sète, de Marseille et du Roussillon [1].

1) *Examen quantitatif des contenus stomacaux.*

D'une manière générale les contenus stomacaux des sardines sont abondants. Les exceptions à cette règle ne se produisent que rarement : par fort vent, mer très agitée ou par suite d'un changement brutal dans les conditions hydrologiques.

Il existe cependant chez les sardines adultes des variations saisonnières notables.

L'importance des contenus stomacaux est un peu inférieure à la moyenne au mois de février. En mars elle est moyenne. Elle augmente sensiblement dans le courant d'avril et devient forte en mai (tabl. 11).

Mois	Contenus stomacaux (en %)				Nb	Importance (en moyenne) des contenus	Plancton	
	Nul	Peu abondant	Moyen. abondant	Abondant			Zooplancton	Phytoplancton
Février	8,1	27,0	52,7	12,2	148	moy.	peu abondant peu varié	moyen. abondant peu varié
Mars	—	6,2	35,7	58,1	129	moy.	moyen. abondant peu varié	moyen. abondant peu varié
Avril	4,6	17,3	23,0	55,1	196	moy.	moyen. abondant varié	moyen. abondant peu varié
Mai	2,8	9,5	11,4	76,3	286	ab.	très abondant très varié	peu abondant très peu varié
Juin	6,5	37,4	14,3	41,8	495	moy.	peu abondant varié	peu abondant très peu varié
Juillet	25,3	57,2	12,3	5,2	415	p. ab.	moyen. abondant varié	très peu abondant très peu varié
Août	31,3	50,7	7,5	10,5	456	moy.	peu abondant varié	très peu abondant très peu varié
Septembre ..	1,4	43,0	15,0	40,6	421	moy.	très abondant très varié	peu abondant peu varié
Octobre	5,0	47,1	26,4	21,5	121	moy.	très abondant très varié	moyen. abondant varié
Novembre ..	22,8	71,4	2,9	2,9	105	p. ab.	moyen. abondant varié	peu abondant très peu varié
Décembre ..	—	—	—	—	—	—	peu abondant peu varié	peu abondant très peu varié

Tabl. 11. — *Variation mensuelle quantitative des contenus stomacaux comparée à celle du plancton récolté en mer.*

La période qui s'étend du début de mai à la mi-juin correspond au maximum annuel. A partir de la mi-juin les quantités décroissent.

(1) Les sardines sur lesquelles les estomacs sont prélevés sont celles pêchées entre 0 h et 5 h du matin. Les estomacs sont fixés sitôt après la capture dans du formol à 4 % ou dans du picro-formol.

Vers la fin du mois de juillet une chute brutale se produit. Au début du mois d'août, le pourcentage des estomacs vides ou contenant peu d'aliments est très élevé. Le minimum annuel est atteint.

Un grande activité dans l'alimentation se manifeste à nouveau en septembre. A la mi-septembre. le contenu stomacal est très abondant pour 56,8 % des sardines examinées.

A partir d'octobre, nouvelle chute. Sur 121 individus examinés au cours de ce mois, 21,5 % seulement ont un contenu stomacal abondant. Puis au début de novembre, ce pourcentage tombe à 2,9 % .

Ainsi, les quantités d'aliments contenus dans les estomacs de sardines adultes, passent par deux maximum. Le premier se situe à la fin du printemps, le second, moins prononcé, correspond à l'automne. C'est au mois de novembre que l'activité alimentaire est la plus réduite.

La nutrition des jeunes est, du point de vue quantitatif, un peu différente de celle des adultes. Ils se nourrissent abondamment et régulièrement sauf si les conditions hydrologiques ou météorologiques sont défavorables comme cela s'est produit en août et septembre 1959.

2) *Examen qualitatif.*

L'étude qualitative des contenus stomacaux montre que leurs constituants sont très différents au cours des stades successifs du développement des sardines (tabl. XIV en annexe).

1° **Larves.** Les larves se nourrissent surtout de diatomées : *Coscinodiscus* et *Rhizosolenia*, auxquelles s'ajoutent d'autres éléments chlorophylliens indéterminables qui sont vraisemblablement des débris d'algues.

2° **Stade jeune.** Entre la métamorphose et la taille de 10 cm les jeunes sardines qui vivent près des côtes, dans les canaux ou les étangs ont une nourriture plus variée que les larves. Cette nourriture est encore composée en partie de phytoplancton : *Rhizosolenia, Thalassiothrix, Coscinosdiscus, Biddulphia,* et plus rarement *Pleurosigma*. Le constituant le plus important est pourtant le zooplancton : jeunes Copépodes, *cypris, nauplius* de Cladocères et plus rarement *zoés* de Décapodes.

Ces larves et les jeunes de crustacés sont des éléments nutritifs riches en caroténoïdes et en phosphates qui jouent un rôle essentiel dans la croissance.

3° **Stade adulte.** Les sardines adultes de Sète, du Roussillon et de Marseille absorbent moins de diatomées que les jeunes : les espèces les plus fréquentes sont *Coscinodiscus, Rhizosolenia, Thalassiothrix* et *Biddulphia*. La seule Chlorophycée rencontrée est *Halosphaera viridis,* elle est rare et n'apparaît qu'à la fin de l'hiver et au début du printemps. En revanche, les Péridiniens sont en grande quantité, les *Ceratium* notamment. On trouve surtout *C. tripos, C. furca, C. macroceros,* de février à juillet mais particulièrement abondants en février.

La présence de nombreux groupes animaux, 16 au total, est notée au cours de ces examens. Contentons-nous de citer les plus importants.

Les crustacés viennent en tête, en fréquence et en abondance.

Les Copépodes sont présents toute l'année dans les contenus stomacaux. Leur abondance est variable suivant les saisons. C'est surtout au début du printemps et en automne qu'ils sont nombreux ; leur fréquence diminue en été. Les genres les mieux représentés sont *Calanus, Paracalanus, Centropages* et *Oithona*. D'autres sont plus rares : *Corycaeus, Microsetella, Euterpina, Oncaea* et *Temora*.

En ce qui concerne les larves de Décapodes, on rencontre surtout des *zoés* et des *métazoés* de Macroures, de Brachyoures, de Notopodes et de Paguridés. Ces larves également trouvées toute l'année sont surtout abondantes en juin et à un degré moindre en juillet et en août.

Les *mysis* de Mysidacés ne sont observées dans les estomacs qu'au mois de juin. Elles sont alors très nombreuses. Les larves de Stomatopodes, *alima* et *erichtus*, sont rares. Quelques-unes sont notées uniquement en février-mars et août-septembre. Les Cladocères *Podon* et *Evadne*, les *nauplius* et *cypris* de Cirrhipèdes, les jeunes Amphipodes Caprelliens et Gammariens sont quelquefois présents mais de façon irrégulière et en petite quantité.

Les autres groupes sont très nombreux mais la fréquence des espèces qui s'y rattachent est moindre que celle des crustacés.

Les spicules d'Acanthaires rares ou absents pendant presque toute l'année, sont très abondants en mai. Les Siphonophores sont toujours très rares. Pour les mollusques, citons surtout les véligères de Lamellibranches et de Gastropodes. Ces larves sont trouvées au printemps et en été. Elles sont surtout nombreuses en avril. Les Ptéropodes, tel *Creseis virgula* sont accidentels. Les *Chaetognathes* peuvent être considérés comme peu abondants. Les larves d'Annélides et de Tuniciers planctoniques sont très rares.

Une mention spéciale mérite d'être réservée aux œufs et larves de poissons. On les trouve en petite quantité à la fin de l'hiver, en été et au début de l'automne. Il s'agit surtout d'œufs de sardines, sprats, anchois, soléidés et de larves de clupes.

En résumé, on peut tirer de ces observations sur l'examen qualitatif des contenus stomacaux deux conclusions principales.

Le phytoplancton est abondant dans les estomacs de larves. Il devient de plus en plus rare au fur et à mesure que les sardines grandissent.

Si l'on excepte les Péridiniens, le rôle du phytoplancton est beaucoup moins important que celui du zooplancton dans l'alimentation des sardines adultes.

Les crustacés dominent nettement sur les autres groupes animaux.

On observe une alternance intéressante entre la répartition des Copépodes et celles des larves de Décapodes. L'essentiel du contenu stomacal est constitué de Copépodes au printemps et en automne, de larves de Décapodes et de Mysidacés en été.

3) *Relations entre les contenus stomacaux et le plancton.*

Les aliments de la sardine examinés du point de vue qualitatif et quantitatif, il convient d'établir maintenant certaines relations entre les contenus stomacaux et le plancton ambiant. Ces observations sont basées sur 53 pêches de plancton faites entre février et novembre 1959 dans la zone de pêche qui, rappelons-le, se situe près de Sète entre 2 et 8 milles de la côte.

Comme le montre le tableau 9, les variations saisonnières du plancton au point de vue quantitatif sont parallèles à celles des contenus stomacaux [1]. Ainsi, pour ne citer qu'un exemple, le plancton est peu abondant en juillet et en août, mois pendant lesquels le pourcentage d'estomacs vides est le plus élevé de toute l'année.

L'augmentation de la température, facteur dans lequel certains auteurs ont voulu trouver la cause d'une diminution des contenus stomacaux, n'a vraisemblablement qu'une action indirecte.

Il existe, il est vrai, de rares cas pour lesquels il n'y a pas correspondance entre les quantités de plancton trouvées dans les estomacs et celles pêchées en mer. Cela s'est produit par exemple à la fin de mai et au milieu d'octobre 1959. Pendant cette période, le plancton était abondant et l'activité nutritionnelle grande mais le pourcentage des contenus stomacaux peu abondants ou nuls était élevé. Ce fait est vraisemblablement dû aux conditions météorologiques alors particulièrement défavorables et qui ont pu contribuer à une dispersion momentanée du plancton.

Il y a également, comme on pouvait s'y attendre, une correspondance certaine entre les éléments constituants le plancton et ceux trouvés dans les contenus stomacaux. Tel est le cas des larves de Cirrhipèdes et d'Annélides, des véligères de Lamellibranches, des larves et des œufs de poissons qui apparaissent saisonnièrement dans le plancton et que l'on retrouve dans les contenus stomacaux.

Mais l'ingestion des éléments planctoniques est fonction de la taille de ceux-ci. En conséquence, certaines espèces de trop grande taille pour les sardines peuvent être abondantes dans le plancton et absentes dans les contenus stomacaux. C'est le cas des méduses, salpes, appendiculaires et dolioles.

---

(1) Dans tous les cas le plancton est récolté dans un collecteur de 1 000 cm^3. L'importance et la variété de la récolte sont évaluées pour le zooplancton comme le phytoplancton suivant une échelle empirique. Abondance, 4 groupes : très peu abondant, peu abondant, moyennement abondant, très abondant. Variété, 4 groupes : très peu varié, etc.

Cependant, la sardine semble parfois faire un choix même si les proies ont une taille qui lui est accessible. C'est ainsi que lorsque le zooplancton est abondant, les quantités de phytoplancton trouvées dans les estomacs des adultes sont proportionnellement inférieures à celles qui existent dans l'eau.

Il existe également des cas pour lesquels des espèces rares dans le plancton apparaissent en grande quantité, et à la même époque, dans les contenus stomacaux. C'est ce qui se produit pour les Acanthaires et les *mysis*.

Les spicules d'Acanthaires sont observés en très grande abondance dans les estomacs de sardines pêchées dans la région de Sète en mai 1959. Ces organismes ne figurent pas dans les récoltes de plancton. Mais une pêche faite au mois d'avril près des côtes de Camargue en a rapporté une grande quantité. L'hypothèse de la migration des sardines de la côte de Provence vers Sète au cours du printemps peut être ainsi étayée, ce qui représente un intérêt tout particulier pour l'application de ces recherches à la pêche.

Les *mysis* de *Gastrosaccus normani,* de *Leptomysis gracilis,* de *Leptomysis mediterranea* et surtout de *Leptomysis linguura,* toujours rares dans le plancton, sont extrêmement nombreux en juin dans les estomacs de sardines. Ceci peut être expliqué par la migration verticale du plancton au cours de la nuit. Ces larves de crustacés se tiennent de jour en profondeur. Elles sont absentes du plancton récolté puisque celui-ci est pêché pendant la journée. Les sardines se nourrissent de nuit lorsque les *mysis* s'approchent de la surface. Leur présence dans les contenus stomacaux est normale.

En conclusion, la relation tant quantitative que qualitative entre le plancton libre et celui des contenus stomacaux est évidente.

Sauf dans certains cas particuliers il ne semble guère que la sardine fasse un choix parmi les éléments que lui fournit le milieu. Son régime varie avec les saisons en fonction de la plus ou moins grande abondance du plancton et notamment du zooplancton.

Toutefois, le régime alimentaire des jeunes apparaît comme très différent de celui des adultes. Les premiers se nourrissent surtout de phytoplancton, les seconds surtout de zooplancton. Autant qu'une question de choix des aliments, c'est certainement une question de calibre, les sardines s'adaptant à une certaine nourriture en fonction de la grosseur des aliments que la relative exiguïté de la bouche leur permet d'ingérer.

C'est aussi fort probablement à cette notion de calibrage des aliments qu'il faut reporter le fait que certains groupes, comme les dolioles, les salpes ou les méduses sont rarement absorbés par les sardines, même adultes.

Ajoutons pour terminer que nos observations confirment celles de Furnestin pour le golfe de Gascogne. Elles montrent que la sardine se nourrit abondamment et régulièrement et que, même en période de ponte, la voracité reste son caractère dominant. Ceci n'est pas le cas de toutes les espèces dont beaucoup cessent de s'alimenter à l'époque de la reproduction.

CHAPITRE IV

DONNEES SUR LE METABOLISME

Il n'est pas possible de traiter à fond un sujet aussi complexe que le métabolisme de la sardine. Mais les données fournies ici présentent un double intérêt, biologie et pratique et se relient ainsi aux autres questions examinées ailleurs. Elles concernent les variations de la teneur en graisse, la teneur en eau de la chair, l'évolution du poids en fonction de la taille et le phénomène de coloration occasionnelle.

1. - Teneur en graisse

Dans son étude biologique de la sardine atlantique FURNESTIN en 1945 a comparé les résultats obtenus par deux types de méthodes : l'analyse biométrique qui consiste à évaluer les quantités de matières grasses de la masse viscérale selon une échelle déterminée et l'échelle chimique qui consiste à extraire les lipides à l'éther suivant la méthode de Soxhlet.

Les résultats obtenus par cet auteur suivant ces deux méthodes sont sensiblement égaux. Ils lui ont permis de donner à l'échelle empirique une correspondance en valeur chiffrée.

Dans ces conditions, nous avons adopté ici pour l'évaluation de la teneur en graisse des sardines du golfe du Lion la méthode basée sur l'observation interne des glandes viscérales.

Nos résultats sont établis d'après l'échelle de FURNESTIN :

I - Sardines maigres. Aucune trace de graisse sur le tube digestif (les matières grasses représentent de 0 à 2,5 % du poids total).

II - Sardines peu grasses. Un cordon de graisse est visible le long de l'intestin, sa largeur ne dépasse pas 1 mm (de 2,5 à 5 % de matières grasses).

III - Sardines grasses. Le cordon de graisse est plus large mais n'entoure pas complètement l'intestin (de 5 à 7,5 % de matières grasses).

IV - Sardines très grasses. Le tube digestif tout entier est enrobé dans la graisse (au-dessus de 7,5 % de matières grasses).

La teneur moyenne est calculée en prenant pour unité chacune de ces quatre catégories.

A) Sète.

L'examen de la teneur en graisse des sardines de Sète porte sur 3 556 spécimens pêchés au cours de l'année 1959. Il met en évidence quatre stades de variations au cours de l'année.

1° Le premier se situe en hiver. Il correspond à la période minimale d'engraissement (fig. 33 et tabl. XV). Ainsi, en faisant la moyenne pour les deux sexes, au mois de février et de mars, 27 à 29 % des sardines sont maigres, 35,4 à 43,1 % peu grasses, 29 à 35 % grasses, 1 % seulement sont très grasses.

Les mâles ont une teneur moyenne légèrement supérieure à celle des femelles (II.07 contre II.02).

2° Le deuxième stade correspond à la période d'engraissement. Il débute en avril. Le pourcentage des sardines maigres diminue régulièrement pour devenir nul en juin. Celui des sardines peu grasses diminue également pour devenir nul en juillet. Les premières sardines très grasses commencent à apparaître en avril. En juin, elles représentent 90 % des apports.

Pendant cette période, l'engraissement est un peu plus rapide chez les femelles que chez les mâles. La valeur moyenne passe de III.02 à III.92 pour les premières et de III.01 à III.89 pour les seconds.

3° Le troisième stade apparaît en été. La teneur en graisse des viscères se stabilise au niveau maximum. En juillet et en août, 98 % des sardines des deux sexes sont très grasses.

4° Le quatrième stade correspond à l'amaigrissement. Dès la fin d'août, la teneur moyenne en graisse diminue lentement mais régulièrement. Le pourcentage des sardines très grasses suit une courbe décroissante. La moyenne, faite pour les deux sexes, est de 77 % en septembre, de 51 % en octobre, de 47 % en novembre.

Il faut noter que l'amaigrissement est beaucoup moins rapide chez les mâles que chez les femelles. Pour les mâles, la teneur moyenne en graisse est de III.96 en août et de III.61 en novembre. Pour les femelles, les valeurs pour les mêmes mois sont III.99 et III.30 .

La maturité sexuelle a certainement une influence dans ces variations mais elle n'en est pas la cause première. La teneur en graisse des sardines reste élevée en automne pendant l'élaboration des produits sexuels, on n'observe pas de diminution rapide de l'adiposité au cours de cette période.

D'autre part, les mâles restent gras plus longtemps que les femelles et pourtant leur évolution sexuelle est plus rapide.

Les causes des variations doivent surtout être recherchées dans les conditions de milieu.

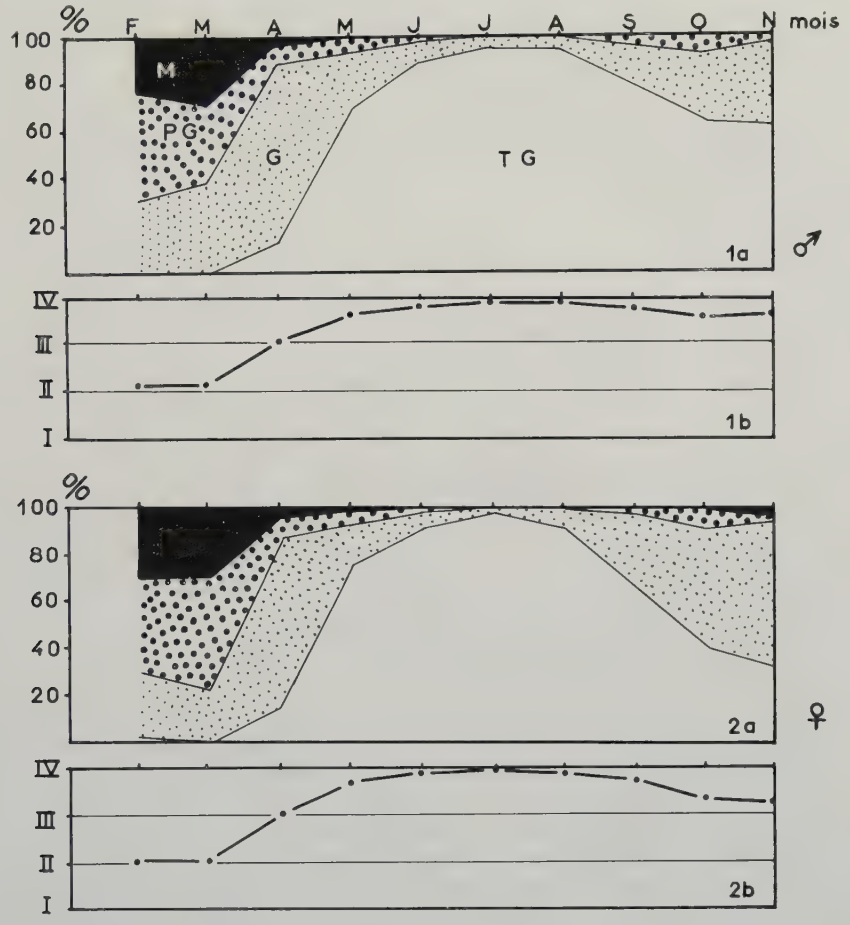

Fig. 33. — *Evolution mensuelle de l'adiposité pour les sardines mâles et femelles de la région de Sète en 1959.* 1 a et 2 a : *répartition par catégorie et par mois ;* 1 b et 2 b : *adiposité mensuelle moyenne.* M maigre, PG peu gras, G gras, TG très gras.

La courbe de la température de l'eau de mer dans la zone de pêche est presque identique à celle de l'adiposité. Près de Sète, en 1959, la température augmente rapidement au printemps. Elle se stabilise en été, augmente lentement mais régulièrement en automne. L'influence de la température sur l'engraissement est probablement indirecte. En réalité, c'est la richesse en plancton, liée elle aussi à la température, qui doit en être la cause déterminante. L'abondance du plancton en automne compense en grande partie la consommation de graisse provoquée par l'élaboration des produits sexuels.

Les sardines paraissent également sensibles aux conditions atmosphériques ; les perturbations se traduisent par une migration occasionnelle vers des lieux abrités et par une activité physiologique plus réduite. En voici un exemple : le 23 septembre 1959 les conditions atmosphériques étant depuis longtemps favorables 87,1 % d'un lot de 131 sardines examinées sont très grasses. Un peu plus tard, le 28 septembre, après quatre jours de gros temps d'est, un autre lot de 142 individus ne présente plus que 55,6 % de sardines très grasses. Cinq jours de mauvais temps ont suffit à abaisser ce pourcentage de plus de 30 %.

B) Roussillon et Marseille.

En hiver, le pourcentage des sardines maigres est beaucoup plus faible dans le Roussillon qu'à Sète ; en été, c'est celui des sardines très grasses (fig. 34). Cette différence s'explique elle aussi par les conditions de milieu. En hiver les eaux du Roussillon sont plus riches en plancton que celles de Sète. Au début de l'été, le littoral du Roussillon est envahi par les eaux chaudes pauvres en plancton. Près de Sète, le plancton, tout en étant plus rare qu'au printemps, reste abondant.

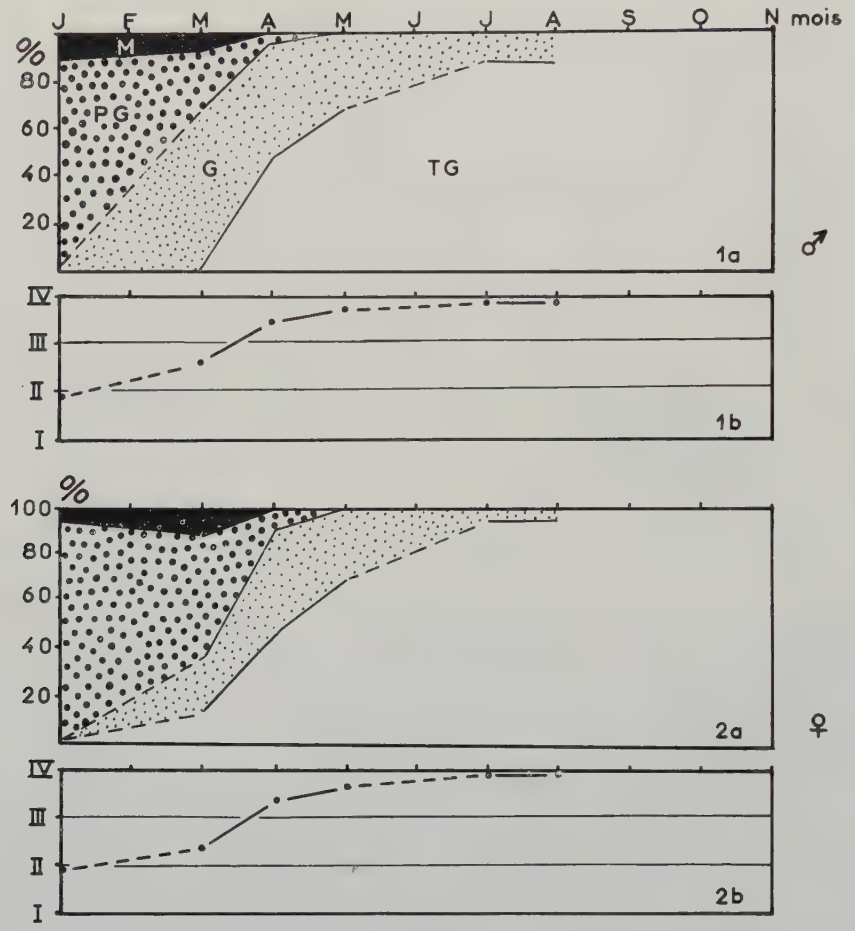

FIG. 34. — *Evolution mensuelle de l'adiposité pour les sardines, mâles et femelles, du Roussillon en 1959.* 1 a et 2 a : *répartition par catégorie et par mois ;* 1 b et 2 b : *adiposité moyenne mensuelle.* M maigre, PG peu gras, G gras, TG très gras.

Pour Marseille, le seul élément dont nous disposons est un lot de 193 sardines pêchées en novembre 1959. Les sardines très grasses ne représentent que 16 %. Les individus peu gras ou maigres sont nombreux, près de 20 % . L'amaigrissement est plus rapide qu'à Sète. La cause en est simple : la température ayant baissé plus vite, le plancton s'est raréfié sur les côtes de Provence plus tôt qu'en Languedoc.

En conclusion, l'évolution de la teneur en graisse des sardines méditerranéennes est liée, par l'intermédiaire des conditions hydrologiques, aux variations saisonnières du plancton.

La fin comme le début de la ponte ne coïncident pas exactement avec l'augmentation ou la diminution de la teneur en graisse.

Les phénomènes sexuels paraissent n'avoir qu'une influence secondaire sur l'engraissement.

2. - Teneur en eau

Les observations que nous avons pu faire sont réduites. Elles ne portent que sur 43 individus de 14 à 18 cm pêchés près de Sète en octobre 1959 puis en mai et juillet 1960. Nous les mentionnons car elles peuvent donner quelque éclaircissement sur le métabolisme de la sardine [1]. Trois faits s'en dégagent.

1° La teneur en eau semble augmenter avec la taille. Cette augmentation peut être estimée, à une époque donnée, à 1,5 % par cm pour les sardines dont la taille est comprise entre 14 et 18 cm .

2° La teneur en eau est plus élevée chez les femelles que chez les mâles. En octobre chez les femelles elle représente 76,5 % du volume de la chair et 70 % chez les mâles. En mai, le pourcentage, de 68,5 % chez les femelles, est de 66 % chez les mâles.

3° La teneur en eau est variable selon les saisons. Compte tenu de l'augmentation due à la taille, elle est inversement proportionnelle à la teneur en graisse.

En effet, au printemps, période pendant laquelle l'adiposité est élevée, la teneur moyenne en eau varie entre 68 et 69 % pour les deux sexes. En été, période pendant laquelle l'adiposité est maximale, la teneur en eau est de 65,5 à 67,5 % . C'est le minimum que nous ayons observé.

En automne, tandis que l'adiposité diminue rapidement, le pourcentage en eau augmente nettement : 73 à 74 % en moyenne en octobre. La différence de la teneur en eau entre les mâles et les femelles est nettement plus importante à cette époque qu'en mai et juillet. En octobre, la chair des femelles renferme 6,5 % d'eau de plus que celle des mâles. Au même moment, l'adiposité des femelles est, au contraire, nettement inférieure à celle des mâles.

Fage en 1920 puis Furnestin en 1945 ont également constaté que le pourcentage d'eau contenu dans les tissus varie en raison inverse de celui des graisses.

Cependant Ramalho et Wagner ont estimé en 1936 que cette déshydratation n'est qu'apparente ; ils ont en effet constaté que lorsque la quantité de graisse augmente, la quantité d'eau continue également à augmenter mais dans des proportions moindres.

Pour vérifier ces résultats il aurait fallu, tout en tenant compte du sexe, comparer la teneur en graisse à la teneur en eau chez chaque individu et pour chaque saison ; il ne nous a pas été possible de le réaliser. Nous avons pu pourtant remarquer, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant, que les sardines du golfe du Lion perdent de leur poids en été au moins jusqu'à la taille de 18 cm . Aussi, si la déshydratation constatée peut n'être qu'apparente dans notre région au printemps, il semblerait qu'elle soit réelle en été.

3. - Evolution du poids en fonction de la taille

L'évolution du poids en fonction de la taille est donnée pour 2 078 sardines provenant de la région de Sète. Elle fait l'objet d'un graphique sur l'amplitude de la fluctuation moyenne. Ces données sont complétées par quelques indications sur les variations mensuelles.

A) Poids moyen des sardines du secteur de Sète en fonction de la taille.

L'augmentation du poids en fonction de la taille est très régulière. La dispersion des valeurs n'est pas grande. A 13 cm le poids moyen par individu est de 18,8 g. Il atteint 32,3 g à 16,5 cm et 42,5 g à 18,5 cm (fig. 35).

(1) La méthode utilisée est celle de l'ébullition dans le xylol. L'évaluation volumétrique est faite au moyen de l'appareil « Dean-steark ».

D'après OLIVER et NAVARRO (1952) les sardines des Baléares de 12 à 18 cm ont un poids moyen inférieur à celles du golfe du Lion. Les différences relevées sont d'environ 4 g par individu. NAVAZ et NAVARRO donnent la même année des indications sur la croissance pondérale des sardines de Biscaye en Atlantique. Pour les tailles de 12 à 15,5 cm les chiffres sont très comparables à ceux obtenus par nous dans le golfe du Lion. Pour les tailles de 16 cm et plus le poids moyen est très légèrement supérieur.

Du fait de nombreux apports en eau douce, les conditions alimentaires sont meilleures dans le golfe du Lion qu'aux Baléares. Elles se rapprochent de celles de l'Atlantique.

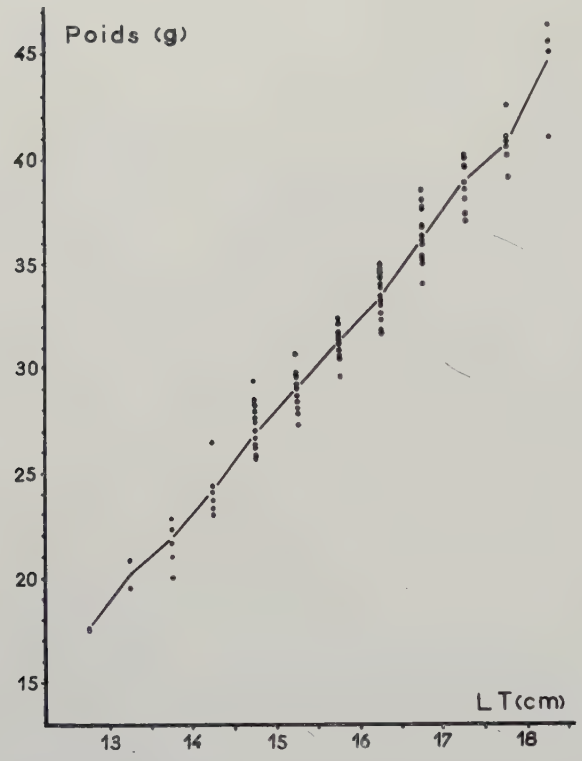

FIG. 35. — *Evolution du poids moyen en fonction de la taille pour les sardines de 13 à 20 cm pêchées près de Sète en 1959.* Les points indiquent la répartition du poids pour chaque groupe de taille, le trait continu indique le poids moyen.

B) Variations mensuelles du poids en fonction de la taille.

L'évolution du poids moyen en fonction de la taille ne laisse apparaître que de faibles variations d'amplitude. En revanche, certaines différences notables sont mises en évidence par l'examen mensuel de ces variations (tabl. XVI en annexe).

Le poids des jeunes sardines de moins de 14 cm s'élève régulièrement de juin à août. Il s'abaisse de 1,5 g à la fin d'août et courant septembre pour remonter lentement à partir du septembre. Ce nouvel accroissement se termine en novembre.

Chez les adultes, la courbe mensuelle de la croissance pondérale n'est pas la même pour toutes les tailles. Pour les sardines de 15 à 17 cm le poids est stationnaire entre mai et juillet. Il diminue sensiblement en juillet et août. Entre septembre et novembre un retour à un niveau élevé correspond au développement des glandes génitales. Il est immédiatement suivi d'une nouvelle et lente décroissance, provoquée par l'évacuation des produits sexuels. A partir de 17,5 cm ces variations s'atténuent.

D'une manière générale, et malgré la teneur élevée en graisse de leur chair, les sardines du golfe du Lion perdent du poids en été. Cette diminution se place en juillet et août pour les adultes, en août et septembre pour les jeunes.

Compte tenu du petit nombre d'observations faites sur la teneur en eau il semble bien que cette dernière puisse expliquer cette diminution de poids.

4. - Coloration occasionnelle

A la fin du printemps et en été, au mois d'août notamment, certaines sardines présentent une coloration anormale. Une pigmentation jaune caractéristique se situe sur la partie postérieure de l'opercule et sur le pédoncule de la nageoire caudale. Cette coloration va de pair avec une consistance anormale de la chair qui est flasque.

Ce fait est constaté par bien des pêcheurs qui nomment les poissons ainsi affectés « sardines

de courants chauds ». Nous l'avons constaté aussi. Des individus fortement pigmentés de jaune sont trouvés près de Sète, en juin, juillet et août 1959 dans les eaux littorales et dans l'étang de Thau.

Sur 19 lots examinés entre le début de mai et la fin d'août 1959, trois comprennent un pourcentage élevé de sardines fortement colorées de jaune, dix un pourcentage moyen. Six lots seulement sont composés de sardines normales.

Hirao, Yamada et Kikuchi signalaient en 1957 l'apparition occasionnelle d'une coloration jaunâtre chez *Sardinops melanosticta* et *Trachurus japonica*. Pour eux, cette coloration est due à la présence de pigments, du groupe des xanthophylles, voisins de la violaxanthine.

D'après des expériences faites sur *Carassius* et *Plecoglossus*, ces auteurs pensent que la présence de ces xanthophylles n'est pas en rapport avec la nourriture. Cette pigmentation se produirait sur des poissons qui, se tenant habituellement dans une zone riche en lumière, se trouvent accidentellement placés dans des eaux où les rayons lumineux sont atténués. La formation de ces pigments serait une réaction du poisson qui fabrique des xanthophylles photo-sensibles pour accumuler la lumière nécessaire à sa physiologie.

Les exemples pris sur les sardines du golfe du Lion sembleraient confirmer les observations d'Hirao et de ses collaborateurs. Les sardines sont jaunes lorsque les courants des secteurs sud et est sont dominants. Les eaux côtières que fréquentent les sardines pendant une partie de l'été sont particulièrement troubles. Après quelques jours de fort vent du secteur nord la coloration redevient normale et la chair ferme.

Il se peut qu'un facteur intervienne : la teneur de l'eau en oxygène. L'agitation de l'eau entraînant une suroxygénation du milieu pourrait contribuer à rétablir l'équilibre physiologique compromis.

Nos observations confirment d'autre part que cette coloration n'est pas due à l'apport alimentaire. En effet, les estomacs de sardines pêchées en février-mars renferment une quantité importante de phytoplancton sans que la pigmentation jaune apparaisse. De plus, les yeux des larves de décapodes riches en pigments du groupe des lutéines se trouvent en abondance dans les estomacs de sardines normales d'aspect.

CHAPITRE V

PARASITISME ET TERATOLOGIE

1. - Parasites

Ce chapitre n'a pas pour objet un examen d'ensemble de la parasitologie de la sardine. Nous nous bornerons à signaler les divers cas de parasitisme qu'il nous a été donné d'observer sur notre matériel d'étude : œufs, larves et adultes.

1° *Parasites des œufs.*

Parmi les 1 342 œufs de sardines observés dans le plancton, 20 % ont le sac vitellin éclaté (fig. 23). Ces œufs ont été étudiés frais. On ne peut donc attribuer la cause de l'éclatement à un liquide conservateur quelconque. Dans le vitellus éclaté on remarque toujours plusieurs taches chlorophylliennes qui sont vraisemblablement à l'origine de la mort.

A notre connaissance, le seul parasite des œufs de sardines est *Ichthynodinium chabellardi*, décrit par Hollande et Cachon en 1953. Les œufs que nous possédons ne paraissent pas correspondre aux figures données par ces auteurs.

2° ***Parasites des larves.***

Une grande partie des larves de 3 à 6 cm sont parasitées par des larves de Copépodes du genre *Caligus* au stade *chalimus*. Dans un lot de 73 larves pêchées le 22 avril 1959, 16,6 % portent ce copépode. Les parasites peuvent être au nombre de 7 à 8 par larve. Ils sont surtout localisés sous les nageoires paires.

Les larves de sardines de 6 à 9 cm présentent fréquemment un autre copépode, *Lernænicus encrasicola,* sur l'œil ou au-dessous des nageoires pectorales et dorsales.

3° ***Parasites des adultes.***

Parmi les copépodes, *Lernænicus encrasicola* TURTON est fréquent. Fixé au-dessous de la nageoire dorsale, il est enfoncé d'environ 8 mm dans la chair.

L'isopode *Menercia œstroïdes* RISSO est fréquent. On le trouve pendant toute l'année, surtout fixé dans la bouche des sardines. La femelle porte ses œufs sur sa paroi abdominale. Elle les incube dans la cavité buccale du poisson ce qui provoque une déformation de la région pharyngienne. Le mâle se trouve parfois sur les branchiospines. *Anilocra physodes* LEACH est très abondant dans la région de Sète. C'est un parasite de la peau.

Le trématode *Hemiurus rugosus* LOOSE est très fréquent dans l'estomac des sardines de Sète et de Marseille. Nous ne l'avons jamais remarqué dans les lots du Roussillon.

Huit spécimens d'un trématode monogène voisin du genre *Mazocræs* sont trouvés le 31 juillet 1959 sur une sardine provenant du Roussillon. Ces parasites sont fixés sur le premier arc branchial droit. Les arcs branchiaux ayant été mis dans le formol pour l'étude des branchiospines il n'a pas été possible de déterminer s'il s'agit de *Mazocræs pilchardi* (VAN BEDENEN et HESSE) ou de *Kuhnia scombri* qui se distingue du précédent par la structure de l'armature génitale et par la position de l'ovaire. *Mazocræs pilchardi* a été signalé une seule fois en Méditerranée dans la région de Naples par MONTICELLI en 1888.

L'examen des parasites entraîne quelques remarques utiles pour la détermination des groupements de sardines du golfe du Lion.

Lernænicus encrasicola fréquent dans la région de Sète n'est jamais rencontré sur les sardines du Roussillon. De même, *Hemiurus rugosus* paraît absent dans les lots du Roussillon. Il n'est pas rare près de Sète et de Marseille. Au contraire, le trématode monogène voisin des *Mazocræs,* trouvé sur une sardine du Roussillon n'a jamais été rencontré sur les 3 442 sardines pêchées autour de Sète et de Marseille.

Ces faits tendraient à renforcer notre opinion sur l'existence dans le Roussillon d'un groupement de sardines différent de celui du Languedoc.

2. - Tératologie

Les cas de tératologie sont rares chez les sardines du golfe du Lion.

Un phénomène, observé quatre à cinq fois par nous, est nommé « nanisme » par PINTO qui l'a signalé en 1958. Il ne s'agit d'ailleurs pas de nanisme au sens véritable du terme mais d'un raccourcissement anormal du pédoncule caudal dû à un écrasement antérospostérieur des dernières vertèbres. Cette anomalie n'est remarquée que chez les jeunes individus. En voici un exemple. Une sardine pêchée dans l'étang de Thau le 18 juillet 1959 mesure 83 mm de longueur. La longueur latérale de la tête est de 19 mm et la distance prédorsale de 33 mm . De telles proportions correspondent normalement à un individu de 95 mm environ. Un examen plus attentif permet de voir que les cinq dernières vertèbres caudales sont écrasées. Leurs faces latérales sont lobées et tourmentées. La dernière vertèbre a pivoté sur elle-même (fig. 36 A et 37).

Une autre anomalie est celle rencontrée sur une sardine pêchée le 14 août 1959 près de Sète. Cette sardine âgée de 4 ans, présente une nageoire caudale en éventail. Les rayons de cette

nageoire sont à peu près deux fois plus nombreux que chez les individus normaux. Ils sont beaucoup plus allongés (fig. 36 B).

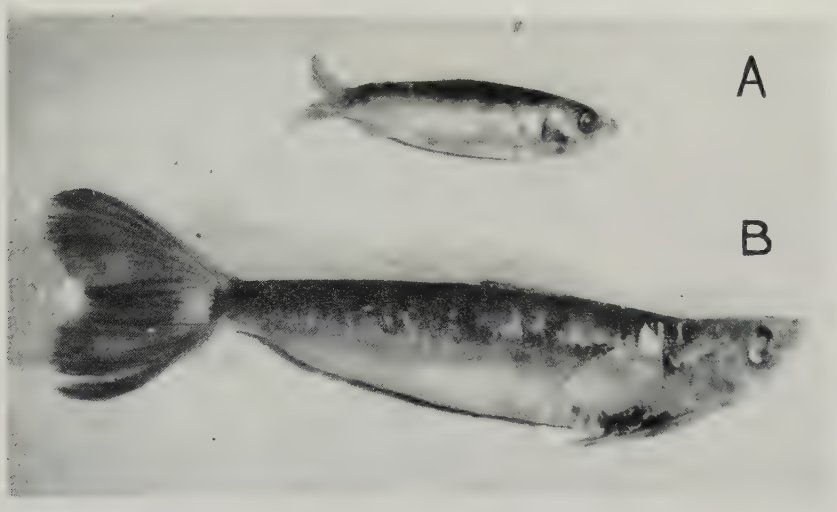

FIG. 36. — *Deux types d'anomalies chez les sardines.* A *sardine « naine » de 83 mm pêchée dans l'étang de Thau le 18 juillet 1959.* B *sardine de 17 cm pêchée près de Sète le 14 août 1959 présentant un développement anormal de la nageoire caudale dont la longueur est de 44 mm et la hauteur de 45 mm.*

FIG. 37. — *Vertèbres caudales d'une sardine « naine » (exemplaire de 83 mm pêché le 18 juillet 1959 dans l'étang de Thau).*

Enfin, un dernier cas de tératologie peut être mentionné. Il s'agit d'une déformation des glandes génitales. Une sardine mâle ne porte qu'un seul testicule. La partie médiane présente l'aspect d'un testicule au stade V. La partie antérieure et la partie postérieure paraissent dégénérées. Ce cas assez fréquent est peut-être dû à un parasite.

CHAPITRE VI

PREMIERES DONNEES SUR L'HEMATOLOGIE ET LA SEROLOGIE

Pour confirmer ou infirmer l'existence de formes distinctes chez les sardines du golfe du Lion, entrevue dans l'étude morphologique, nous avons voulu utiliser une technique nouvelle : l'application de l'hématologie et de la sérologie à la systématique.

Ce sont les résultats obtenus par CUSHING en 1952 sur les thons du Pacifique qui nous ont incité à appliquer ces techniques aux sardines européennes.

Quatre séries de tests ont été pratiquées par nous. Les résultats de nos recherches sont encore partiels. Il semble pourtant intéressant de les mentionner dans cette partie consacrée à la biologie de la sardine du golfe du Lion [1].

1° **Hématies de sardines et plasmas de sardines.** Les premières expériences faites en 1960 entre des hématies et du plasma prélevé sur des sardines provenant du Grau-du-Roi d'une part et d'Agde d'autre part ont donné un pourcentage relativement élevé d'agglutination. Au contraire, les globules rouges et le plasma d'individus différents pêchés en un même lieu n'ont pas provoqué d'agglutination.

D'autres expérimentations, d'ailleurs limitées, faites ultérieurement entre des sardines provenant de Provence et d'autres provenant de Sète n'ont, en revanche, pas donné de résultats positifs.

Nous avons cru voir là l'indice d'un mélange possible de populations à certaines époques de l'année. Cette méthode n'ayant pas encore donné de résultats suffisamment précis nous avons employé des techniques classiques adaptées à l'hématologie des sangs humains.

2° **Agglutinines humaines (sérums tests humains) et hématies de sardines.** En 1960 et en 1961 des séries de tests ont été pratiquées en mettant les sérums tests anti-A et anti-B humains et le sérum anti-0 provenant de l'anguille en présence des hématies de sardines. Cette méthode utilise les sérums tests dont on se sert habituellement pour déterminer les groupes A, B et 0 chez l'homme (épreuve de Beth - Vincent).

Au début de ces travaux (1960) nous n'avons pas observé d'agglutination avec les sérums anti-A et anti-B mis en présence des hématies de quelques sardines provenant de la région de Sète proprement dite.

Il nous a semblé nécessaire de poursuivre alors nos observations et en 1961 de nouveaux tests ont été pratiqués avec les hématies de sardines provenant de Sète, de Marseille et du Roussillon, chaque lot comprenant 40 spécimens. Pour chaque individu et sur une même lame trois tests ont été pratiqués simultanément avec les sérums tests anti-A, anti-B et anti-0.

Les résultats obtenus par ce procédé ont donné lieu à huit possibilités selon le type d'agglutination. Il se peut, en effet, qu'aucune agglutination ne se produise avec aucun sérum test. Au contraire, des agglutinations peuvent se produire simultanément avec les trois sérums tests, avec deux sérums sur trois, avec un seul des trois sérums.

Pour chaque région des pourcentages ont été établis en fonction de ces possibilités (tabl. 12).

Des réactions positives du type A0 et B0 ont été enregistrées avec les sérums tests anti-A, anti-0 et anti-B mais nous n'avons pas eu de réaction avec le sérum test anti-A seul, non plus

---

(1) Ces résultats ont été acquis grâce aux conseils et à la collaboration du Dr M. CLERC, Chef du Centre de Transfusion sanguine à Sète. En ce qui concerne les résultats et les techniques employées ils ont fait l'objet d'une communication : M. CLERC et J. Y. LEE, *Monaco*, 1960.

qu'avec le sérum anti-B seul. Les réactions positives avec le sérum test anti-0 seul sont fréquentes. Ainsi, toutes les agglutinations obtenues sont du type AB0, A0, B0, 0.

Il est à remarquer que la fréquence de l'agglutination du type AB0 décroît de Marseille vers le Roussillon (52,5 à 5 %), alors que la fréquence du type 0 seul croît de Marseille vers le Roussillon avec une valeur intermédiaire pour Sète. Les agglutinations du type A0 sont élevées pour le Roussillon et Marseille (respectivement 25 et 22,5 %) et faibles pour Sète (2,5 %).

	Roussillon	Sète	Marseille
AB0	5	42,5	52,5
AB	0	0	0
A0	25	2,5	22,5
B0	5	0	5
A	0	0	0
B	0	0	0
0	60	45	20
Pas d'agglutination.	5	10	0
Nombre d'individus.	40	40	40

TABL. 12. — *Agglutination des hématies de sardines par les sérums tests anti-A, anti-B et anti-0 : répartition des pourcentages par région.*

	Roussillon	Sète	Marseille
AB0	22,9	45,7	57,1
AB	11,4	2,9	2,9
A0	10	0	0
B0	4,3	0	7,1
A	2,9	0	1,4
B	1,4	7,1	11,4
0	1,4	1,4	2,9
Pas d'agglutination	45,7	42,9	17,2
Nombre d'individus.	70	70	70

TABL. 13. — *Agglutination des globules rouges tests humains appartenant aux groupes A, B et 0, rhésus positif ou négatif, par les plasmas de sardines (les résultats sont exprimés pour chaque région en %).*

3° **Globules rouges tests humains et plasmas de sardines.** Les résultats partiels obtenus en 1960 sur une centaine d'individus provenant de Sète ont été complétés grâce à des prélèvements effectués sur 210 sardines réparties en trois lots de valeur égale pour le Roussillon, Sète et Marseille.

Comme dans le cas précédent, les résultats ont été groupés en pourcentage par région suivant le type d'agglutination. Exprimés dans le tableau 13 ils permettent de constater les faits suivants :

la fréquence d'agglutination pour le groupe AB0 augmente du Roussillon vers Marseille (22,9 à 57,1 %);

il en est de même mais à un degré plus faible pour le groupe 0 ;

le pourcentage d'absence d'agglutination diminue très sensiblement du Roussillon vers Marseille (45,7 à 17,2 %).

Dans tous les cas, les résultats obtenus avec les plasmas des sardines de Sète occupent une place intermédiaire.

Les chiffres donnés par cette troisième technique confirment donc ceux obtenus en utilisant les sérums tests anti-A, anti-B et anti-0 et les hématies de sardines.

4° **Sérums de thons rouges (*Thunnus thynnus*) et hématies de sardines.** Cette méthode a été utilisée en 1960 pour différencier les sardines de Méditerranée de celles de l'Atlantique.

Les hématies de sardines provenant de St-Jean-de-Luz n'agglutinent pas en présence de sérums de thons rouges pêchés près de Sète. Au contraire, pour les sardines de la région de Sète les agglutinations se sont produites dans la proportion de 25 % .

En conclusion, les sardines de l'Atlantique se différencient de celles de la Méditerranée du point de vue hématologique.

Les techniques appliquées pour les sardines provenant du Roussillon, de Sète et de Marseille donnent des résultats concordants qui confirment et complètent ceux obtenus par l'étude morphologique et biologique. Ils nous poussent à envisager l'existence de trois groupements distincts de sardines dans le golfe du Lion.

RESUME ET CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE.

Les traits biologiques principaux de la sardine du golfe du Lion peuvent être résumés comme suit.

La reproduction, très étalée, se fait du mois d'octobre au mois de mars, c'est-à-dire en hiver (*sensu lato*) dans les zones du Roussillon et du Languedoc. Elle se prolonge jusqu'en mai dans les parages de Marseille.

Les zones de ponte n'ont pas de limites précises, leur périmètre est mouvant. Des phénomènes hydrologiques tels que tourbillons, écoulement en mer d'une nappe fluviale, les isolent les unes des autres mais elles se situent toujours dans la zone côtière par profondeur de 25 à 80 m.

La fécondité des sardines de cette région est proportionnellement beaucoup plus élevée que dans les autres secteurs méditerranéens, les œufs vivants et fécondés constituant près de 65 % de la ponte.

La croissance de la sardine du Golfe, difficile à étudier en raison de certains défauts dans la structure des écailles est de beaucoup plus faible que celle de l'Atlantique. A 10 ans, elle ne dépasse pas 21 cm tandis que la sardine de la Manche et de la Mer du Nord atteint 27 cm. Mais la longévité est aussi grande : 10-11 ans.

L'engraissement et la croissance pondérale, comme la croissance linéaire sont liés aux conditions de milieu et surtout à l'abondance du plancton. Ils passent par des variations saisonnières consécutives aux fluctuations de la richesse en plancton et de la température des eaux. Mais, quelle que soit la saison, la nutrition est active et la sardine très vorace se nourrit de toutes les proies que leurs tailles lui permettent d'ingérer. On distingue néanmoins un régime alimentaire différent pour les larves qui sont phytoplanctonophages et pour les adultes omnivores, mais surtout zooplanctonophages.

L'application d'une méthode hématologique nous a permis de compléter les données acquises dans la première partie. La sardine méditerranéenne constitue bien une sous-espèce séparée de celle de l'Atlantique. Cette technique nous a également montré, en confirmation des variations morphologiques légères précédemment mises en évidence, que la population du golfe du Lion n'est pas homogène. Les sardines des côtes catalanes, languedociennes et provençales constituent trois formes, voisines mais différentes.

TROISIEME PARTIE

ECOLOGIE DE LA SARDINE. SON INCIDENCE SUR LA PECHE

Dans cette troisième partie, nous nous proposons de mettre en évidence l'influence du milieu sur le comportement des groupements de sardines du Golfe.

Déjà, au cours des précédents chapitres, nous avons fait appel à des observations concernant la température, la salinité et le plancton. Mais l'écologie, plus généralement traitée dans ses rapports avec la pêche, doit nous permettre de trouver des applications à nos recherches.

Depuis quelques années et particulièrement en 1960 et 1961 la pêche de la sardine, dans le golfe du Lion, connaît un certain essor ; ses moindres fluctuations ont un retentissement immédiat sur l'économie des provinces qui bordent ce secteur marin. Aussi les pêcheurs attendent des chercheurs les solutions à leurs problèmes.

S'il n'est pas possible de prétendre apporter ici toutes les solutions nous avons pensé pouvoir donner à cette étude une utilité pratique en cherchant à établir le maximum de relations entre nos observations biologiques ou hydrologiques et la pêche.

Commençons par donner un raccourci de l'hydrologie générale du golfe du Lion.

CHAPITRE I

HYDROLOGIE DU GOLFE DU LION ET DES ZONES DE PECHE A LA SARDINE

Depuis une soixantaine d'années un certain nombre de campagnes océanographiques ont apporté des documents précieux sur l'hydrologie de la Méditerranée mais ils concernent surtout les eaux profondes.

Comme l'écrit FURNESTIN en 1960 : « on se heurte à beaucoup de difficultés lorsqu'on essaye de les exploiter en vue d'une étude écologique des espèces animales, des poissons notamment, dont la biologie subit l'influence profonde des conditions physiques et chimiques, diverses et changeantes, qui sont celles de la surface et des zones côtières ».

C'est pourquoi il a paru nécessaire de donner ici un résumé de l'hydrologie du golfe du Lion et d'exposer les données obtenues par nous en 1959 et en 1960.

A) Hydrologie du golfe du Lion. Caractères généraux.

Le mécanisme hydrologique du golfe du Lion a été mis en évidence en 1960 par les travaux de J. FURNESTIN et de Ch. ALLAIN. Ces travaux concernent l'hydrologie et la topographie dynamique de la Méditerranée occidentale. Ils sont basés sur des observations faites en juin et juillet 1957.

J. FURNESTIN a montré que le déversement des eaux du Rhône provoque une baisse très sensible de la salinité en surface. En été 1957 cette influence s'est faite sentir dans la quasi-totalité du golfe. Les eaux de surface ou « eaux du Rhône » ont une salinité comprise entre 34.60 et 37.50 ‰. Elles sont animées d'un mouvement cyclonique indépendant de la circulation générale en Méditerranée. Elles se heurtent dans la partie sud-est du golfe aux eaux proprement méditerranéennes plus

salées et déterminent la formation de deux courants :

le premier, le courant du Rhône, orienté au sud-ouest se dirige vers le cap Creux ;

le second, le courant du Languedoc, est à proprement parler un contre-courant qui remonte le long du rivage jusqu'aux côtes de Camargue.

Ces eaux peu salées ne dépassent pas en profondeur le niveau de 50 m . Au-dessous d'elles se placent des eaux de formation hivernale froides, à salinité élevée. Ce sont les eaux septentrionales. Elles se divisent en deux couches :

la couche supérieure s'écoule vers le sud pendant l'été ; en juillet 1957 elle a évacué la presque-totalité du golfe ;

la couche inférieure occupe, à la même époque, une grande partie de cette région au voisinage du fond.

Des eaux d'un troisième type intéressent enfin le golfe du Lion au moins sur le bord de la pente continentale où elles se mélangent partiellement aux eaux septentrionales. Ce sont les eaux « orientales » à température et à salinité plus élevées que les précédentes.

Du point de vue dynamique, le courant du Rhône atteint en juillet 1957 une vitesse moyenne relative de 0,34 nœuds. Le contre-courant du Languedoc, accéléré par le relèvement des fonds et resserré par des tourbillons côtiers, est plus rapide. A la même époque, sa vitesse est de 0,58 nœud au nord du cap Creux.

Signalons, en outre, la présence de deux dépressions qui entraînent la formation de deux courants tourbillonnaires :

la première est située au large des côtes du Languedoc entre Agde et les Stes-Maries-de-la-Mer. Son minimum se place à 7 milles au sud de Sète ;

la seconde se présente le long de la côte du Roussillon, entre Port-Vendres et Leucate.

Le graphique établi par Allain sur la topographie des courants au niveau de 5 décibars les met en évidence.

En résumé, l'extension des eaux du Rhône reste l'élément déterminant dans le mécanisme hydrologique du golfe du Lion, même si les pluies ne sont pas toujours aussi abondantes qu'en 1957.

B) Hydrologie des zones de pêche.

1° ***Caractères particuliers de ces zones.*** Les caractères généraux qui viennent d'être décrits facilitent l'interprétation des données d'hydrologie côtière recueillies en 1959. Mais ils ne peuvent rendre compte de toutes les observations faites car la zone de pêche se situe très près de la côte et divers facteurs locaux viennent apporter des modifications au mécanisme d'ensemble.

Parmi ces facteurs, il faut en mentionner un qui relève des conditions météorologiques locales. Il s'agit des variations de la pression atmosphérique. Ces variations de pression ont une répercussion directe sur le niveau des eaux côtières. Leur manifestation la plus sensible consiste en une alternance, classique dans tout le sud-ouest méditerranéen, des vents du nord et du sud.

Les vents de N, « mistral » ou « tramontane », sont déterminés soit par des perturbations du courant dérivé du front polaire, soit par des basses pressions centrées sur le golfe de Gênes. Un abaissement du niveau des eaux les accompagne.

Les seconds, « vents marins », sont des vents du secteur E. Ils suivent l'envahissement du golfe du Lion par des dépressions d'origine Atlantique. Leur violence est d'autant plus grande que la pression atmosphérique est plus basse dans le golfe de Gascogne et plus élevée en Méditerranée.

En période de vent d'E, le niveau des eaux s'élève. L'amplitude de variation du niveau des eaux ainsi créée est plus importante que celle due aux marées. Elle peut atteindre un mètre alors que l'amplitude des marées ne dépasse guère 30 cm .

Une forte montée du niveau marin détermine l'envahissement du littoral par des eaux troubles. Elle entraîne des changements dans la distribution des couches planctoniques. Ces deux effets peuvent provoquer des déplacements locaux des bancs de poissons.

L'abaissement du niveau des eaux côtières peut, d'autre part, amener des changements importants des conditions hydrologiques du fait d'un autre facteur d'ordre géographique. En effet, le littoral du Languedoc et du Roussillon est bordé de nombreux étangs reliés à la mer par d'étroits goulets. Ces étangs, constituant des bassins fermés et peu profonds, sont soumis à de fortes variations de salinité en rapport avec l'importance des précipitations et l'intensité de l'insolation. On conçoit qu'une diminution du niveau des eaux côtières, provoquant un écoulement de l'eau des étangs vers la mer, pourra se traduire par des variations sensibles de salinité dans les zones de pêche.

Ajoutons enfin qu'un certain nombre de cours d'eau se déversent directement en mer sur les côtes du Languedoc et du Roussillon. Les précipitations ont, de ce fait, une influence directe sur l'hydrologie côtière. Ainsi la salinité, près de la surface, tombe aux environs de 33 ‰ dans les canaux de Sète et le long de la côte du Roussillon pendant l'hiver 1959.

2° ***Température et salinité dans la région de Sète.***

a) **Année 1959.** *Les températures* au cours de l'année 1959 se situent à 5 m entre 11° 3 et 22° 1 ; à 25 m le minimum enregistré est 12° 2, le maximum 21° 6 (1).

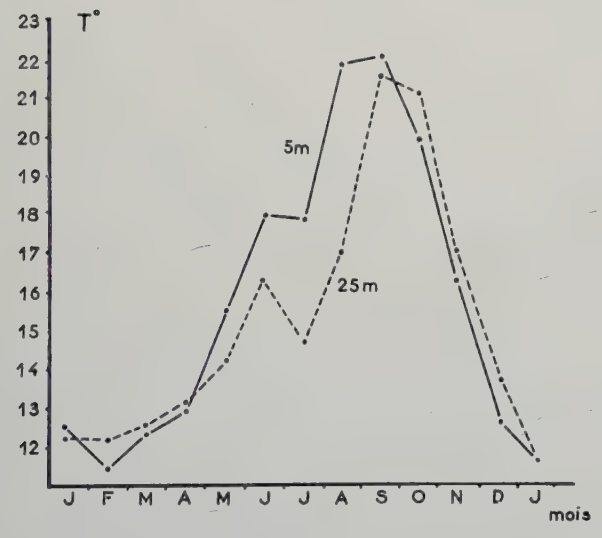

Fig. 38. — *Variation de la température de l'eau de mer à 5 et 25 m dans la zone de pêche, Sète 1959.*

La courbe de température de la figure 38 donne les variations de ce facteur à 5 et à 25 m . L'évolution au cours de l'année est simple. Partant du point le plus bas (11° 3) en février la température s'élève d'abord lentement jusqu'en avril puis rapidement jusqu'en juin.

En juin et juillet, il y a interruption de cette montée qui se traduit par un refroidissement léger à 5 m (0°5), plus accentué à 25 m (près de 2°). Mais cette phase régressive est brève ; la température reprend sa courbe ascensionnelle en juillet pour atteindre rapidement son maximum en septembre (22°1).

Puis, à partir de septembre, la température décline rapidement pour retrouver son niveau le plus bas en février.

Comme il est naturel, la profondeur estompe les différences ; la température augmente donc moins vite et diminue moins vite à 25 m qu'en surface, avec une exception toutefois pour le décrochement de juin-juillet où la température s'abaisse nettement plus qu'en surface ce qui nous renseigne sur l'origine de cette discontinuité du réchauffement de la mer. Elle provient très vraisemblablement d'une divergence, localisée en ces lieux, des eaux profondes plus froides.

Les salinités offrent une courbe annuelle plus complexe que celle des températures (fig. 39). Si on les superpose on constate que les variations des deux facteurs sont apparemment sans rapport.

La salinité de surface subit des variations marquées au cours de l'année, oscillant, d'une saison à l'autre, de 36 ‰ à 38 ‰, mais à 25 m, sauf en hiver, ces variations sont très atténuées.

Il est possible d'expliquer les baisses de salinité enregistrées en janvier, mi-octobre et décembre par les précipitations. La chute de juillet a une origine différente car elle se situe dans une période sèche. Nous l'attribuons à une extension des « eaux diluées du Rhône » qui n'est probablement pas sans rapport avec la baisse de température observée quelques jours plus tôt.

(1) 84 stations sont faites entre le 6 janvier et le 30 décembre : 75 entre Palavas et Agde, 8 dans le Roussillon et 1 dans la région de Marseille. Sont utilisées des bouteilles à renversement Mécabolier et Knudsen, des thermomètres Richter et Watanabé.

b) **Année 1960.** On retrouve, dans leurs grandes lignes, les variations de 1959, mais plus ou moins décalées et avec une amplitude différente.

L'augmentation de la température est plus tardive qu'en 1959, elle ne débute que fin mars mais elle est plus rapide : on a 20° en surface dès la fin du mois de juin.

Le même décrochement se manifeste en juillet, mais il est prolongé jusqu'en août et le maximum annuel (20° 9) est inférieur à celui de 1959.

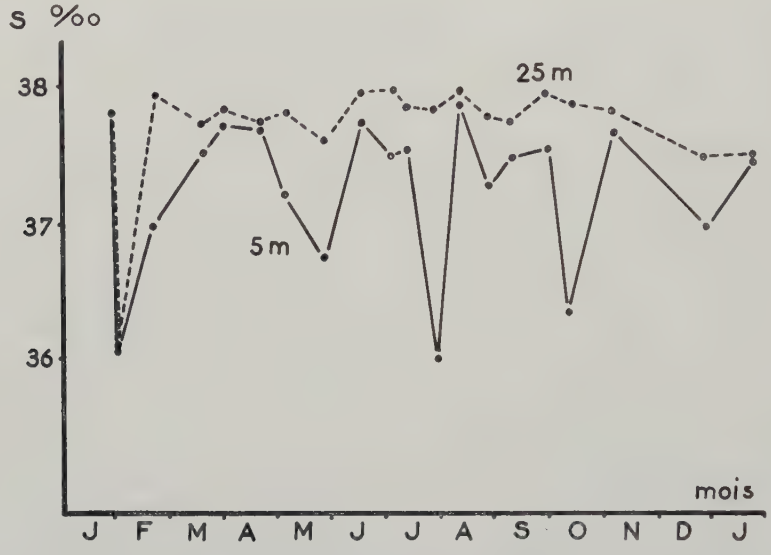

FIG. 39. — *Variation de la salinité de l'eau de mer à 5 et 25 m dans la zone de pêche, Sète 1959.*

3° ***Température et salinité en Roussillon.*** Les stations en Roussillon moins nombreuses que celles de Sète ne permettent que quelques observations d'ordre général.

A la fin de l'hiver 1958-59 le littoral du Roussillon est envahi en surface par des eaux à 10° dont la salinité est proche de 33 ‰. Ce phénomène superficiel est expliqué par l'importance des pluies. On retrouve à 40 m de profondeur des eaux à 38 ‰.

Courant juillet 1959, dans le sud du Roussillon, la température de l'eau en surface atteint 21°. La salinité est moyenne : 37,5 ‰. Au nord, la température ne dépasse pas 16° en surface et la salinité, un peu plus élevée, est d'environ 37.80 ‰.

Au début du mois d'août, l'influence des eaux proprement méditerranéennes se fait sentir. Ces eaux sont caractérisées par une salinité supérieure à 38 ‰ et une température d'environ 18°. Elles repoussent vers le nord les eaux plus chaudes et moins salées que l'on retrouve à Port-La-Nouvelle. L'abondance de Siphonophores et de Tuniciers dans le plancton coïncide avec cette poussée.

4° ***Région de Marseille.*** D'une manière générale l'influence des eaux côtières est moins marquée à l'est de l'embouchure du Rhône qu'à l'ouest. Le plateau continental devient en effet plus étroit en cet endroit.

Comme le montrent les observations faites au printemps 1959, les conditions hivernales se sont prolongées plus longtemps en baie de Marseille que sur les côtes du Languedoc.

On peut donc conclure que dans les différentes zones de pêche les conditions hydrologiques connaissent des variations importantes non seulement dans le courant de l'année mais aussi d'une année à l'autre. Comme on le verra plus loin, la production de la pêche est intimement liée à ces variations.

CHAPITRE II

LA SARDINE ET LE MILIEU EXTERNE AUX STADES SUCCESSIFS DU DEVELOPPEMENT

A) Influence du milieu sur la ponte et le développement des œufs.

1° *La ponte.*

a) *Température.* On a vu (deuxième partie, chapitre I) que pour l'évolution sexuelle et la ponte la marge thermique est très large. Ainsi, des œufs de sardines sont récoltés dans les eaux dont les limites de température sont les suivantes : 11° 3 à 20° 1 à 5 m, 12° 2 à 21° 1 à 25 m, 11° 3 à 17° 1 à 50 m.

La limite inférieure au-dessous de laquelle le plancton ne renferme aucun œuf de sardine se situe autour de 11°. Les pêches d'œufs les plus importantes se font lorsque la température de l'eau est comprise entre 11° 3 et 17° à 5 m, 12° 2 et 17° 3 à 25 m.

Le déclenchement comme l'arrêt de la ponte coïncident, on l'a vu, avec des variations importantes et rapides de la température. En 1959 par exemple, la ponte se termine dans la région de Sète au début de mars lorsque les eaux commencent à se réchauffer rapidement. Près de Marseille, la ponte se prolonge tant que les conditions hivernales se maintiennent en profondeur.

b) *Salinité.* Pour la salinité, les valeurs extrêmes pendant la période de ponte sont : 36.08 et 37.94 ‰ à 5 m, 36.09 et 38.13 ‰ à 25 m, 36.08 et 38.20 ‰ à 50 m.

Les variations brutales de salinité entraînent une nette diminution du nombre d'œufs et parfois même un arrêt total de la ponte. Près de Sète, les baisses de salinité enregistrées en janvier et décembre 1959 provoquent une raréfaction du pourcentage d'œufs de sardines dans le plancton. En janvier 1959, la ponte s'arrête près de Grau-du-Roi lorsque la salinité tombe à 35,8 ‰. Il en est de même à Collioure en février de la même année. La salinité de l'eau en surface est alors de 33.1 ‰.

Cependant, si la ponte, comme le développement des œufs, est influencée de façon directe par les variations de température, les variations de salinité l'affectent moins et ne sont évidentes que dans les cas de modification profonde du milieu ; par contre, d'autres facteurs hydrologiques (teneur en oxygène, en sels nutritifs etc.) peuvent intervenir plus directement.

2° *Développement des œufs.*

a) *Température et salinité.* Les échantillons de plancton prélevés dans des eaux dont la température se situe entre 12° et 13° 7, à salinité comprise entre 37.4 et 38.1 contiennent le pourcentage le plus élevé d'œufs vivants. Si l'un des deux facteurs, salinité ou température, dépasse ces limites le taux de mortalité s'élève. A la fin de janvier 1959, le nombre d'œufs morts est particulièrement élevé dans des eaux dont la salinité en surface avoisine 36 ‰.

Si l'on fait une distinction entre les œufs morts fécondés et ceux morts non fécondés on remarque que ces derniers apparaissent surtout dans des eaux à température inférieure à 12° et supérieure à 17°.

b) *Agitation de l'eau.* En plus de la température et de la salinité, une autre condition de milieu paraît avoir une certaine importance sur le développement des œufs. C'est l'agitation de l'eau.

Les expériences faites par nous en laboratoire sur des œufs fécondés montrent que si l'on ne provoque par artificiellement l'agitation de l'eau, un pourcentage élevé d'œufs se développe mal.

Beaucoup meurent rapidement. Si l'on agite l'eau ambiante les œufs se développent normalement et l'éclosion est facilitée.

B) Influence du milieu sur les larves et les jeunes.

1° ***Stade larvaire.*** Au cours de la première phase de la vie, c'est-à-dire de l'éclosion jusqu'à la taille d'environ 25 mm, les larves se tiennent à proximité de la zone de ponte. Les premières captures se font selon les années en novembre ou au début de décembre. Les dernières prises se situent à la mi-avril.

En 1959 et 1960 les larves vivent dans des eaux aux caractéristiques hydrologiques suivantes : température 10° 2 à 14°, salinité 33 à 37.8 ‰.

Elles résistent mieux que les œufs dans les eaux froides et peu salées. Près de Collioure des larves de sardines bien vivantes sont pêchées dans des eaux de surface dont la température n'est que de 10° 2 et la salinité de 33.2 ‰. Aucun œuf vivant n'a été pris dans de telles conditions.

Parmi les autres facteurs qui ont une influence sur la vie des larves, la nourriture a une place importante. Ainsi, lorsqu'elles ont atteint 25 mm, les larves quittent la zone de ponte et se rapprochent de la côte où le phytoplancton est abondant en février et mars. Une partie d'entre elles pénètrent ensuite dans les canaux de Sète où nous en avons capturé dès la mi-avril 1959. La température dans les canaux au moment de ces captures (12° 8) est moins élevée qu'en mer ; la salinité est également plus basse : 36.5 ‰.

Cette migration de la zone de ponte vers l'étang semble déterminée par la recherche d'eaux peu salées, riches en sels nutritifs et en phytoplancton.

2° ***Stade post-larvaire.*** Ce stade débute avec la métamorphose lorsque les sardines ont atteint une taille d'environ 3,5 cm. Il se termine en automne au moment où s'établissent les conditions hivernales. Les post-larves vivent dans la zone littorale, les canaux et les étangs. Elles supportent alors de fortes variations de température (en 1959, minimum 15° 4, maximum 26° 3) et de salinité (36.00 à 38.66 ‰).

Il y a pourtant certaines limites qui ne peuvent être dépassées. En mai 1959 les jeunes sardines, très nombreuses dans une partie de l'étang de Thau sont totalement absentes des zones où, par suite de pluies, la salinité tombe aux environs de 32 ‰.

Pendant l'été de la même année la salinité s'élève en certains points de l'étang à 39.6 ‰. Aucune jeune sardine n'est pêchée dans ces eaux sursalées que fréquentent, en revanche, les jeunes anchois.

Au début de l'automne les jeunes sardines ont atteint une taille de 7 à 10 cm. Elles quittent les étangs et les canaux pour gagner le large. C'est la chute rapide de la température, dont la valeur absolue varie selon les années, qui provoque cette sortie. En 1959 elle se produit dans le courant d'octobre, en 1960 vers la mi-septembre.

Les déplacements des jeunes vers le large donnent lieu à de fortes pêches. Les captures de « sardinettes » sont particulièrement abondantes en octobre 1959 et septembre 1960 sur la côte de Provence, près du Grau-du-Roi et aux environs de Sète.

Après avoir gagné le large, ces jeunes sardines passent l'hiver non loin de la zone de ponte. Si l'on s'en réfère à des observations faites au sondeur ultra-sonore elles se maintiennent plus près de la surface que les individus plus âgés.

En résumé, le déplacement des jeunes sardines vers la côte au printemps est probablement déterminé par les exigences alimentaires tandis que leur retour vers le large en automne est provoqué par l'abaissement brutal de la température.

C) Influence du milieu sur les adultes.

Pour dégager les facteurs qui ont une influence sur le comportement des sardines adultes, précisons certains aspects de ce comportement, en particulier les mouvements quotidiens et les migrations.

Les déplacements quotidiens comprennent les mouvements de dispersion ou de concentration et les déplacements vers la surface ou vers le fond. Ils se produisent dans un espace restreint.

Les migrations, qui n'excluent pas du tout les mouvements quotidiens, entraînent les groupements de sardines d'une zone vers une autre.

Dans les deux cas, les facteurs extérieurs exercent leur action.

1° ***Les mouvements quotidiens des sardines.*** Rappelons les traits principaux du comportement quotidien de la sardine [1].

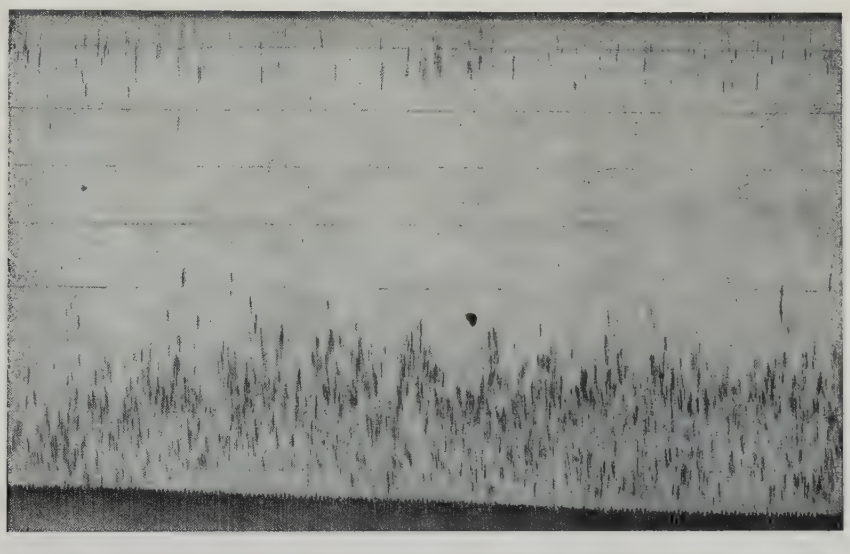

FIG. 40. — *Bancs de sardines en formation de nuit en dehors de la période de pleine lune, enregistrés le 1er mai 1960 à 0 h 55 près de Collioure (fonds de 40 m); remarquer la dispersion des bancs.*

Au cours de la nuit les sardines sont dispersées entre deux eaux pour rechercher leur nourriture. Leur activité est surtout intense au début et à la fin de la nuit. Elles se groupent au lever du jour en bancs compacts (fig. 40 et 41). Vers le milieu de la matinée ces bancs effectuent des mouvements plongeants, ils se rapprochent du fond près duquel ils se tiennent pendant la journée. Ils remontent vers la surface au coucher du soleil et se dispersent dès que la nuit tombe.

En dehors de la période de ponte ce schéma se reproduit chaque jour si les conditions extérieures ne viennent pas le modifier. Pendant la ponte les mouvements quotidiens de la sardine s'effectuent mais semblent avoir une amplitude moindre qu'en période normale.

Parmi les facteurs extérieurs qui viennent perturber ces mouvements, certains se présentent avec régularité, c'est le cas de la lune. D'autres sont irréguliers, ce sont les facteurs hydrologiques et les facteurs biologiques.

Pendant la pleine lune les échogrammes révèlent des bancs plus groupés qu'en temps normal. Ces bancs offrent un aspect voisin de celui habituellement observé de jour (fig. 42); ils réagissent mal à la lumière.

Pour cette raison les pêcheurs du golfe du Lion n'utilisent guère les feux pendant la pleine lune pour attirer les bancs de sardines. Ils pêchent alors avec des filets dérivants sans lumière. Cette méthode, généralement pratiquée de jour, a, pendant la pleine lune, un assez bon rendement de nuit, du fait de la concentration du poisson.

(1) Ces données ont été obtenues grâce à des observations au sondeur ultra-sonore. Nous nous référons aux travaux du « Jean-François » au Maroc (FURNESTIN, 1953), à ceux du « Donibane » en Méditerranée (1957) et à ceux effectués par nous à bord de l' « Ostrea » et du « Louis-Boutan » dans la région de Sète et du Roussillon en 1959 et 1960.

Les facteurs hydrologiques sont également la cause de perturbations.

Lorsque la température et la salinité sont très différentes en surface et en profondeur les sardines n'effectuent qu'un mouvement vertical réduit. Les bancs paraissent « plafonner » entre deux eaux. Ce fait, déjà signalé par FURNESTIN (1953) est fréquemment observé par nous dans le golfe du Lion.

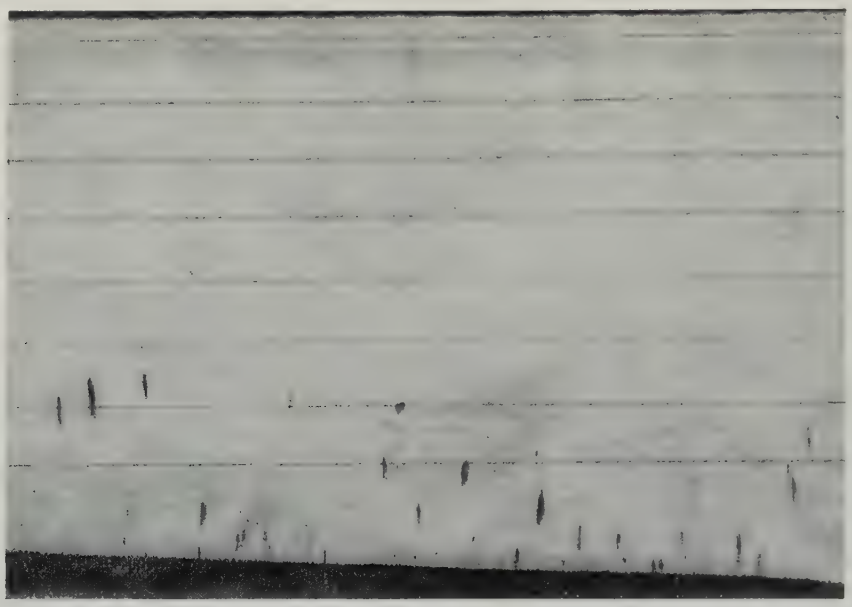

FIG. 41. — *Bancs de sardines au lever du jour le 9 mai 1960 devant Canet-plage (fonds de 50 m); remarquer la concentration des bancs et leur tendance à s'élever vers la surface.*

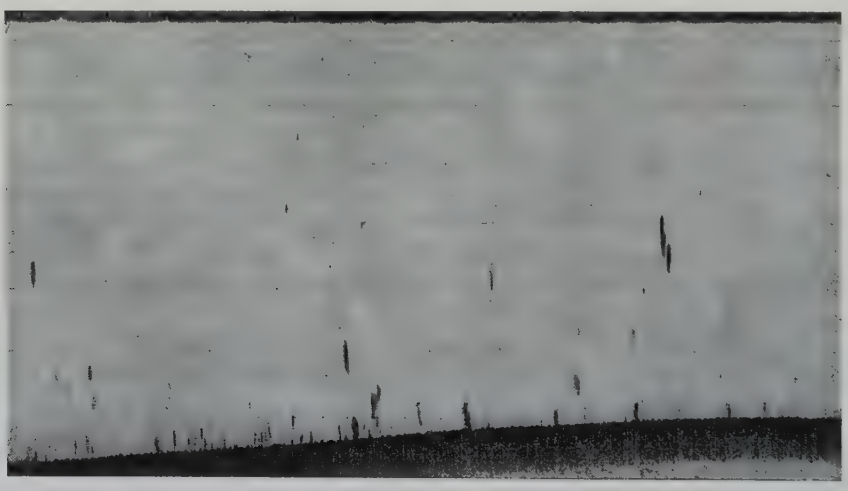

FIG. 42. — *Bancs de sardines en formation de nuit en période de pleine lune le 9 mai 1960 à 01 h 55 devant Canet-plage (fonds de 35-40 m); les bancs sont concentrés, ils prennent une allure très voisine des formations de jour.*

Entre le 21 et le 26 juillet 1959 la salinité dans la zone de pêche de Sète est inférieure à 36 ‰. Les sardines n'apparaissent en surface ni à la tombée de la nuit ni au lever du jour. Pendant la nuit elles ne sont pas attirées vers la surface par les lumières artificielles. Dans le Roussillon ce cas s'est

produit en mai des années 1958, 1959 et 1960. La température qui était alors d'environ 21° en surface ne dépassait guère 16 à 17° près du fond.

D'autres facteurs que nous ne citerons qu'en passant, troublent le comportement quotidien des sardines. Celui qui paraît le plus fréquent dans le golfe du Lion est d'ordre biologique. Il est dû à la présence de prédateurs, cétacés ou thonidés, qui chassent les sardines et perturbent leurs mouvements habituels.

2° ***Les migrations des sardines dans le golfe du Lion.*** Le mouvement de concentration vers les zones de ponte a déjà été décrit. Il est saisonnier. Sa cause première est l'état physiologique des sardines mais les conditions de milieu déterminent la date de son déclenchement.

En dehors de la période de ponte il arrive que les sardines disparaissent subitement des zones de pêche. Elles restent parfois sur place mais le rendement des captures diminue sensiblement. Les causes de ces disparitions ou de ces baisses de rendement sont nombreuses et complexes. Les principales sont d'ordre hydrologique, météorologique et biologique.

a) *Causes hydrologiques.*

Température et salinité. Si l'on considère le secteur de pêche dans son ensemble on constate comme nous l'avons fait en 1959 que durant la saison de pêche, en dehors de la période de ponte, des sardines adultes peuvent être capturées par des températures et des salinités très diverses : 13° à 22° entre 0 et 25 m, 35.92 à 37.94 ‰ en surface et 37.56 à 38 ‰ à 25 m .

On ne doit pas en conclure pour autant que les sardines sont insensibles à de telles variations. Si on analyse soigneusement les circonstances on s'aperçoit au contraire qu'elles réagissent avec netteté et promptitude aux changements qui surviennent dans l'un et l'autre de ces facteurs.

a) C'est ainsi qu'en 1959 la disparition des bancs de sardines dans le sud du Roussillon se produit à la fin juillet. Elle coïncide avec la montée brutale de la température qui atteint le 30 juillet 21° 8 à 5 m et 21° 2 à 25 m . Au même moment, la salinité reste normale : 37.5 ‰ .

Quelques jours plus tard, le rendement de la pêche est excellent plus au nord, près de La Nouvelle dans des eaux de température égale à 16° environ et de salinité moyenne.

Le 10 août, nouveau changement dans la température près de Collioure mais en sens inverse. La température s'abaisse. On enregistre 19° 5 à 5 m et 15° 1 à 30 m . Aucune apparition de sardines ne se produit, la salinité étant trop élevée. Elle dépasse 38 ‰ sur une épaisseur de plus de 30 m .

En 1960, dans la même région, l'arrêt de la pêche se reproduit à peu près à la même époque.

Un fait semblable est noté dans le compte rendu de la campagne du « Donibane » en Roussillon, en 1957. Au début de juillet la température en surface près de Collioure passe en quelques jours de 16° 5 à 22° . C'est la fin de la campagne sardinière. La pêche débute près de La Nouvelle où les eaux de surface sont à 16° environ.

Ainsi, chaque année, au mois de juillet, les sardines quittent le sud du Roussillon envahi par des eaux trop chaudes ou trop salées. Elles gagnent le nord de cette région où les conditions hydrologiques sont favorables.

b) Dans la région de Sète la saison de pêche ne se termine pas de la même manière. Les sardines sont présentes de mai à octobre mais on observe à plusieurs reprises des baisses très importantes dans le rendement. En 1959 ces diminutions se produisent à trois reprises.

1° Du 8 au 14 juin, la température de l'eau monte sans atteindre un degré très élevé : 18° à 5 m, 17° 9 à 25 m . Cette légère augmentation est accompagnée d'une forte élévation de la salinité qui avoisine 38 ‰ . Le rendement de la pêche diminue des 2/3 . Les sardines gagnent la zone côtière où la salinité est de l'ordre de 37 ‰ . Certaines pénètrent dans l'étang de Thau. D'autres se dirigent vers le littoral ouest (fig. 43).

2° Du 13 au 25 juillet, la température est favorable à la sardine : 17° 5 à 5 m, 15° à 25 m mais la salinité tombe en surface aux environs de 35.9 ‰ . Les sardines se dispersent près du fond.

3° A partir de la fin juillet, la salinité reste normale mais la température s'élève lentement et régulièrement en surface : 20° le 10 août, 22° 1 le 27 août. Dans les premiers jours de septembre ces eaux chaudes s'étendent jusqu'à une trentaine de mètres de profondeur. La plupart des bancs de sardines se déplacent en direction de Valras. Au large de Sète, le rendement diminue progressivement. Au début d'octobre la température en mer est encore supérieure à 21° . La pêche est à peu près

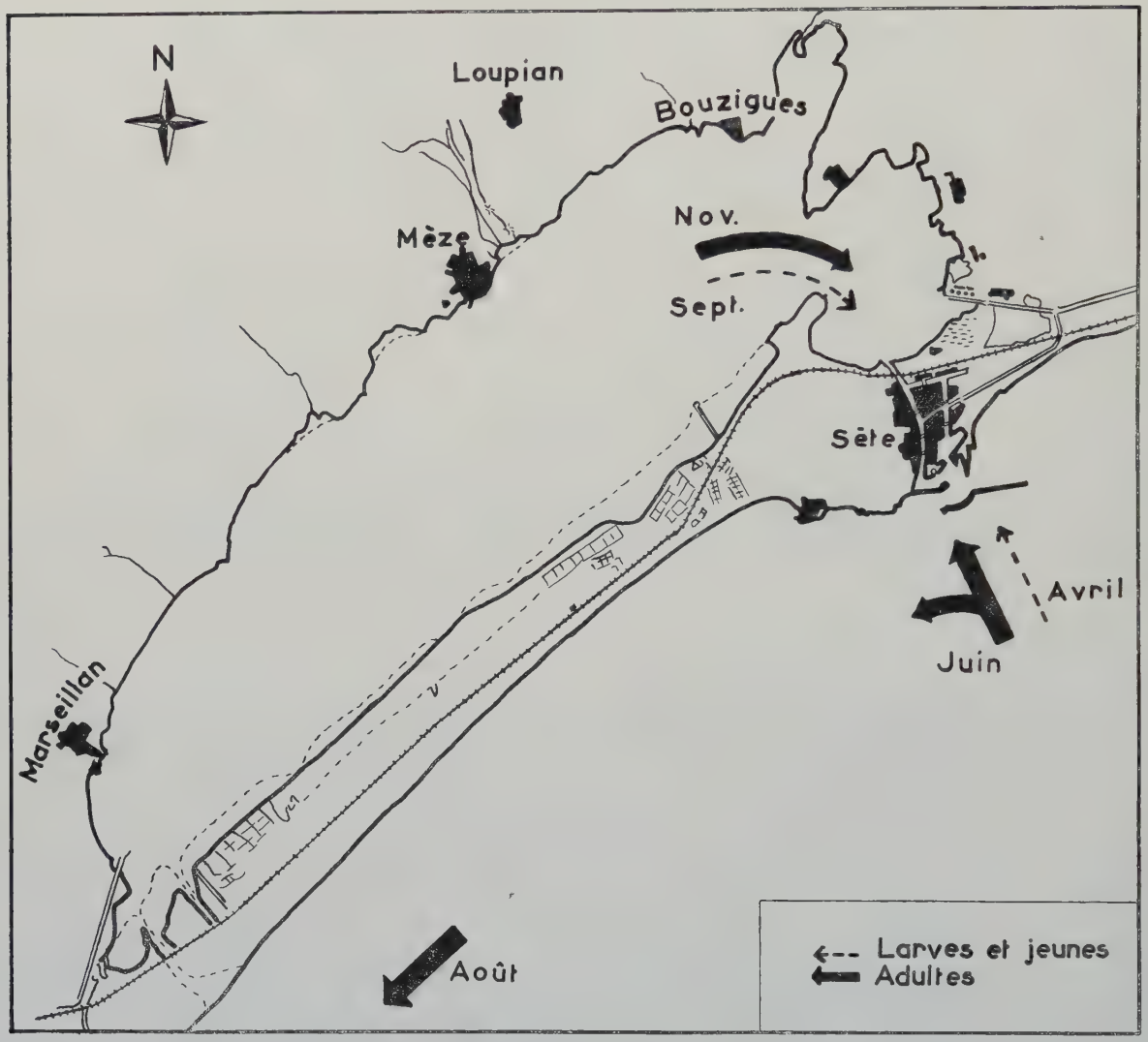

FIG. 43. — *Schéma des principaux déplacements effectués par les jeunes sardines et par les adultes près de Sète en 1959.*

nulle. En revanche, on capture des sardines de grande taille dans l'étang de Thau dans des eaux à 17° . Ces grosses sardines quittent l'étang en novembre un peu plus tard que les jeunes.

En 1960 ces faits se reproduisent. Entre le 15 mai et le 3 juin la température en surface passe de 15° à 20° ; la pêche est excellente jusqu'à ce qu'elle atteigne 19° environ. A partir du 3 juin, la température moyenne se maintient autour de 20° . La pêche est mauvaise. Les bancs de sardines sont dispersés près du fond dans la zone littorale.

Ainsi, lorsque les variations hydrologiques sont fortes et rapides on assiste à un déplacement massif des bancs de sardines qui gagnent les zones où ils trouvent des conditions plus favorables.

Au contraire, si la température s'élève de façon régulière et que les eaux chaudes envahissent peu à peu la totalité de la zone de pêche les sardines ne quittent pas celle-ci aussi complètement, mais la pêche diminue.

Transparence de l'eau. Cet autre facteur hydrologique peut avoir une certaine influence sur le déplacement des sardines.

Les eaux à sardines correspondent à ce que les pêcheurs appellent les « eaux grasses ». Ce sont des eaux glauques, riches en plancton. Leur transparence est moyenne. Les sardines sont généralement absentes des eaux très claires comme d'ailleurs des eaux foncièrement troubles.

b) *Causes météorologiques.*

Précipitations. Leur influence n'est qu'indirecte. Les pluies provoquent des baisses de salinité qui se répercutent sur le comportement de la sardine.

La salinité moyenne des eaux du golfe du Lion est faible pour la Méditerranée. D'abondantes précipitations ont un effet immédiat. Elles la font tomber localement au-dessous de la limite de tolérance des sardines qui gagnent alors des zones plus favorables ou plongent vers les eaux plus salées de la profondeur.

Vents. Ils sont fréquents et souvent violents. Leur action a une influence indirecte.

Lorsque souffle le mistral les sardines, surtout les grands individus de 17 à 20 cm, se rapprochent du littoral. En août 1959 pendant une période de forts vents de nord-ouest de grosses quantités de sardines de belle taille sont capturées sur les fonds de 5 à 10 m avec des sennes de plage entre le Grau-de-la-Vieille Nouvelle et Port La Nouvelle au nord du Roussillon.

Ceux du nord repoussent les eaux chaudes superficielles et provoquent en été des remontées d'eaux froides dans lesquelles les sardines trouvent des conditions favorables. Parfois, ces mêmes vents écartent de la côte les eaux dessalées favorisant ainsi le déplacement quotidien des sardines vers la surface ; le rendement s'améliore.

Les vents du sud et de l'est ont la propriété de troubler les eaux côtières. Ils perturbent le comportement des sardines.

c) *Causes biologiques.*

L'abondance ou l'absence de nourriture est aussi à l'origine de certains déplacements. Mais contrairement à ce qui se produit pour les jeunes, ce facteur ne paraît pas entraîner de migration chez les adultes, les eaux qu'ils fréquentent étant le plus souvent riches en matières nutritives et en plancton. On peut observer cependant des concentrations de sardines au contact de deux masses d'eau de natures différentes ce qui provoque une abondance exceptionnelle de nourriture.

De ce chapitre, on retiendra donc surtout que les facteurs intervenant dans les déplacements de plus ou moins grande amplitude des sardines sont nombreux, qu'il est parfois difficile de connaître le rôle de chacun d'eux mais que les facteurs hydrologiques, température et salinité, sont ceux qui se laissent le mieux analyser et qui permettent de tirer des conclusions d'ordre biologique directement applicables à la pêche.

On peut dire aussi que le biotope des sardines du golfe du Lion n'est constitué ni par les eaux du large, « eaux bleues », claires et assez fortement salées, ni par les eaux turbides et diluées du Rhône mais par une eau de mélange, de salinité et de turbidité moyennes, qui se trouve généralement à quelques milles de la côte, au-dessus des fonds de 25 à 60 m.

CHAPITRE III

RAPPORTS ENTRE LA PECHE ET LES CONDITIONS DE MILIEU

On utilisera dans ce dernier chapitre les statistiques de pêche qui permettent de déterminer le caractère occasionnel ou saisonnier des déplacements de sardines.

Choisissons tout d'abord un cas particulier, celui de Sète en 1959 ; ceci fait, l'examen de la production dans différents ports au cours des dernières années permettra de tirer des conclusions sur les migrations dans l'ensemble du Golfe.

A) Rendement de la pêche à Sète en 1959.

La saison débute le 22 avril. Le rendement, d'abord faible, 44 kg environ par bateau, augmente régulièrement [1]. Il atteint 80 kg le 15 mai (fig. 44). Ces apports sont en concordance avec la tempé-

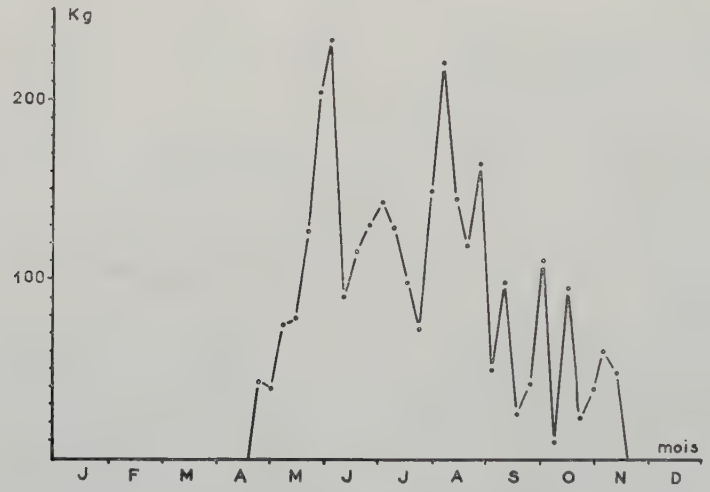

FIG. 44. — *Rendement moyen hebdomadaire en sardines par bateau.* Ce rendement est calculé d'après la somme des apports journaliers de 18 bateaux de Sète en 1959.

rature de l'eau qui s'élève : légèrement supérieure à 13° à la fin d'avril, elle atteint 15° 5 le 15 mai. La salinité est moyenne.

A partir de la mi-mai les apports croissent. Le rendement dépasse 230 kg le 5 juin. C'est le maximum pour l'année 1959. La température se situe entre 15 et 18°.

Entre le 15 juin et le 6 juillet les captures sont moyennes : 130 kg par bateau et par sortie. La température à 25 m s'est abaissée sensiblement. Entre le 13 et le 26 juillet, nouvelle chute. Le rendement n'est plus que de 72 kg le 25 juillet. La température a peu varié, mais la salinité est tombée au-dessous de 36 ‰.

---

(1) Le rendement représente les apports moyens par sortie et par jour en kilogrammes. Il est calculé d'après les apports hebdomadaires de 18 bateaux. Comparés aux chiffres obtenus en 1961 ces apports sont faibles. A cette époque, seul le filet maillant est utilisé en Languedoc. En dépit de leur faiblesse ces chiffres restent valables et si la pêche était faite au moyen d'engins tournants plus productifs ils pourraient être largement multipliés mais leurs proportions seraient du même ordre.

Du 27 juillet au 30 août les pêches sont à nouveau bonnes : 149 kg par sortie en fin juillet, 220 kg au début d'août, 164 kg à la fin de ce mois. La température est d'environ 19° en surface et de 15° à 25 m. La salinité est remontée à 37.8 ‰.

A la fin d'août, le rendement tombe à 50 kg et dès le 7 septembre, la plupart des embarcations de Sète vont pêcher dans la région de Valras chaque fois que le temps le permet. Lorsqu'elles travaillent près de leur port les captures sont à peu près nulles. C'est la période pendant laquelle les eaux chaudes s'étendent progressivement jusqu'au fond et l'on note le 30 août 22° à 5 m et 18° 5 à 25 m ; le 10 septembre 21° 7 en surface et en profondeur.

Pour compléter ces observations les conditions météorologiques sont notées chaque semaine. Mais si l'on excepte la semaine du 8 au 14 juin pendant laquelle le vent de nord-ouest, très violent, a pu contribuer à la diminution des apports, ces données confirment le caractère limité des incidences météorologiques sur le rendement.

Les facteurs déterminants restent bien la température et la salinité.

B) Rendement de la pêche dans différents ports du Golfe au cours des récentes années.

Languedoc. En 1957, à Sète, la pêche atteint un tonnage de 1 200 tonnes [1]. Faible jusqu'en avril, la production est de 120 t en juillet et augmente de façon régulière jusqu'en août. Puis une

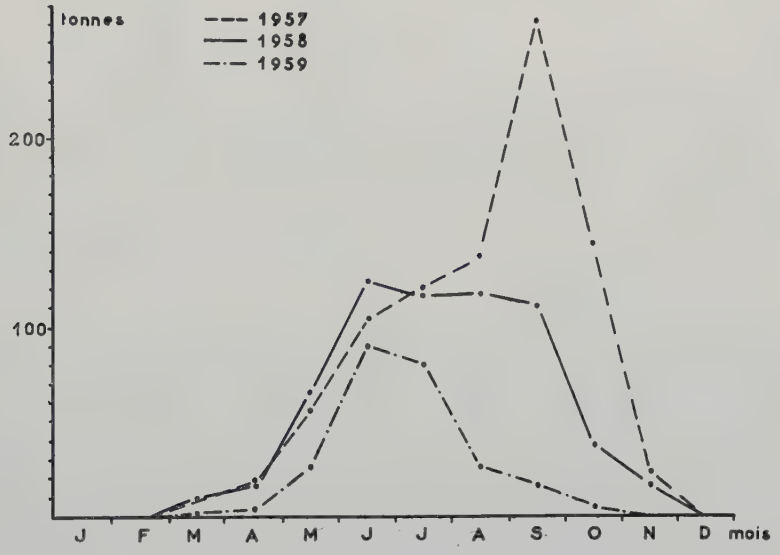

FIG. 45. — *Tonnage des sardines débarquées au port de Sète pendant les années 1957, 1958 et 1959.*

pointe très caractéristique se manifeste jusqu'en octobre (maximum annuel : 260 t en septembre).

En 1958, 615 tonnes sont débarquées. Jusqu'au début d'août les apports sont comparables et même un peu supérieurs à ceux de 1957 (fig. 45). Le déficit vient de la pêche de septembre qui est inférieure à celle des mois précédents.

En 1959 la production ne dépasse pas 250 t. Jusqu'en juillet la courbe est à peu près analogue à celle de 1958. Dès la fin de juillet les captures diminuent très rapidement. La saison est terminée avant la fin d'octobre.

---

(1) Les chiffres de production sont tirés des statistiques de l'Inscription maritime.

En 1960 les apports sont meilleurs. Ils s'élèvent à 600 t, jeunes exclus. Il n'est pas possible de les comparer à ceux des années précédentes, plusieurs bateaux ayant introduit un nouveau mode de pêche : le filet tournant. Disons seulement que le maximum se situe en mai, plus tôt qu'à l'accoutumée.

La production de la partie est du Languedoc est très faible par rapport à Sète. Les eaux dessalées du Rhône, chaudes en été, s'étendent fréquemment à l'intérieur du golfe d'Aigues-Mortes. Elles éloignent les bancs de sardines. Agde et surtout Valras, ports languedociens de l'ouest, ont des apports inversement proportionnels à ceux de Sète (fig. 46).

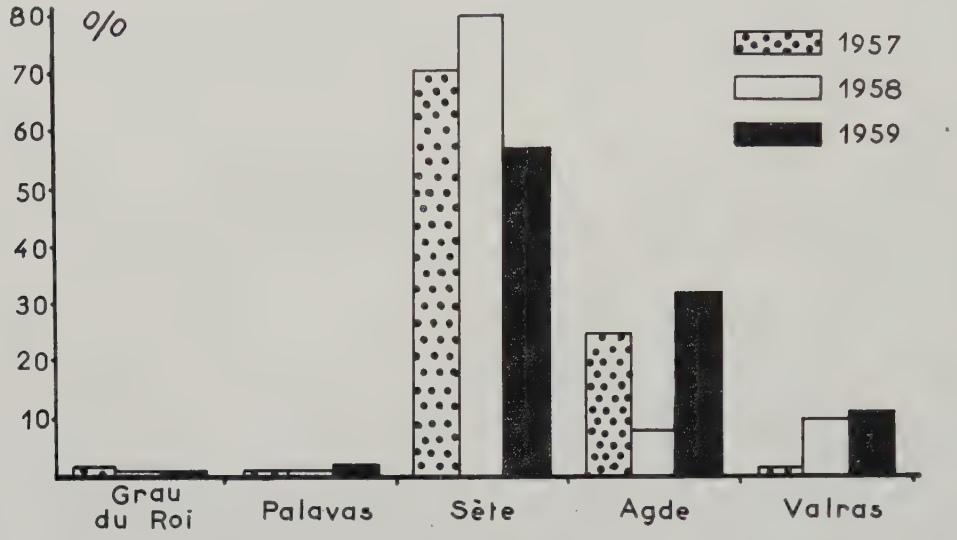

FIG. 46. — *Importance relative des différents ports sardiniers du Languedoc au cours des années 1957 à 1959.*

Sète produit en 1957 plus de 70 % des sardines pêchées en Languedoc, Agde, 25 % ; Valras, 2 % . L'importance relative de Sète augmente encore en 1958. Agde diminue au bénéfice de Valras.

L'année suivante, au contraire, le pourcentage de sardines débarquées à Agde et Valras croît au détriment de celui de Sète.

En ce qui concerne la répartition mensuelle des apports, Palavas et Grau-du-Roi représentent un premier groupe ; Sète, Agde et Valras un second (fig. 47). La saison de pêche est plus courte à Palavas qu'au Grau-du-Roi. Le rendement augmente plus vite au Grau-du-Roi qu'aux environs de Sète. Les captures sont plus précoces à Sète qu'à Agde et à Valras. La pêche d'automne est généralement plus importante dans ces deux ports qu'à Sète.

Il semble que l'on puisse déceler dans les chiffres de production des ports du Languedoc deux migrations distinctes.

La première se manifeste par l'apparition près du Grau-du-Roi, à partir d'avril ou de mai, de sardines provenant probablement de la côte de Provence.

La seconde correspond à un déplacement assez net des sardines proprement languedociennes de Sète vers Valras à la fin de l'été et en automne.

Roussillon. Malgré la variation des apports bruts, les courbes annuelles de production présentent une certaine similitude.

On remarque deux périodes de pêche : l'une débute en janvier et se termine en mars, l'autre s'étend d'avril à la fin de juillet (fig. 48).

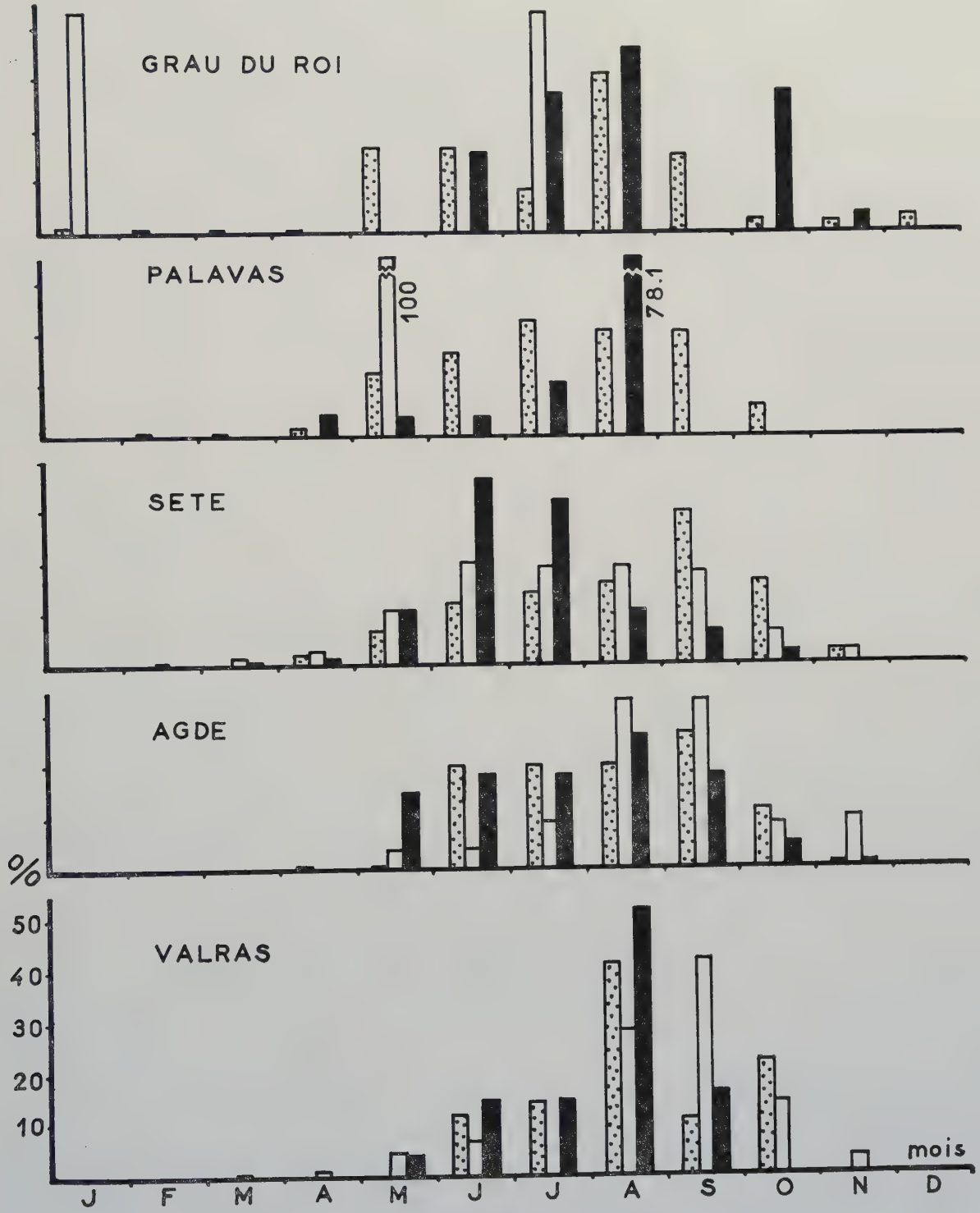

FIG. 47. — *Répartition mensuelle des apports, en pourcentage, pour les ports du Languedoc au cours des années 1957 à 1959.* En pointillé 1957, en blanc 1958, en noir 1959 (les valeurs sont toujours exprimées dans ce même ordre).

Le maximum annuel se place en juin. Les quantités capturées au cours de ce mois varient de 180 à 370 tonnes. L'importance de la pêche de juin détermine celle de la campagne toute entière.

La fin de la pêche se produit toujours en juillet. Elle est due, nous l'avons vu, à la poussée des eaux proprement méditerranéennes, dans le sud du Roussillon. Les sardines débarquées à Collioure en août et septembre proviennent des environs de La Nouvelle.

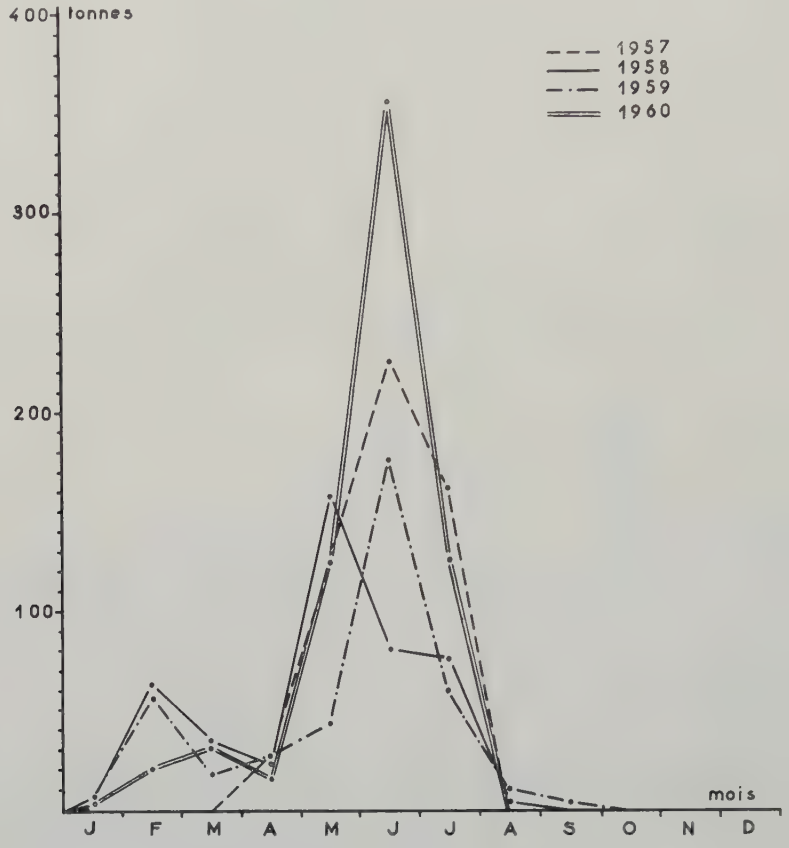

FIG. 48. — *Tonnage des sardines débarquées au port de Collioure pendant les années 1957, 1958, 1959 et 1960.*

Les statistiques de pêche montrent une diminution progressive des apports de 1957 à 1959 en Languedoc comme en Roussillon. Cette diminution est suivie en 1960 d'une reprise très sensible. Il est possible que ces variations soient cycliques et dues à l'hydrologie. Quoi qu'il en soit, l'augmentation de la production en 1960 indique que le fléchissement constaté est naturel et qu'il ne peut être attribué par conséquent à une pêche trop intensive.

RESUME ET CONCLUSION GENERALE

Nous venons d'analyser un groupement de sardines méditerranéennes, celui du golfe du Lion, qui n'avait encore fait l'objet d'aucune étude d'ensemble. Utilisant à cette fin diverses méthodes dont la biométrie, et, fait nouveau dans les recherches de ce genre, l'hématologie, ce travail poursuivi pendant trois années consécutives nous a permis de préciser, et dans certains cas de décrire, les caractéristiques morphologiques, biologiques et écologiques de ce groupement et d'en tirer quelques conclusions pratiques pour la pêche.

1°) Sur le plan général de la systématique, cette analyse de la sardine du golfe du Lion nous permet, croyons-nous, de vérifier et de confirmer que la sardine méditerranéenne est, pour le moins, une sous-espèce différente de la sardine atlantique ; elle doit par conséquent figurer dans la nomenclature sous un nom propre, celui de *Sardina pilchardus sardina* que REGAN lui a donné en reprenant le nom d'espèce de RISSO et que plusieurs auteurs, niant de manière un peu trop systématique la valeur de certains caractères variables, contestaient.

Du point de vue anatomique, c'est surtout par le nombre de branchiospines que cette sardine se sépare de l'espèce atlantique. Ce caractère, variable avec la taille, mais néanmoins excellent, a pour les spécimens de 12 à 16 cm du golfe du Lion une valeur de 56 à 60 ; en Atlantique, à la même latitude, sa valeur, à taille égale, est de 60 à 70.

Autre caractère important qui conduit à isoler la sardine méditerranéenne : ses propriétés hématologiques, différentes de celles des sardines atlantiques du golfe de Gascogne. Citons en particulier le fait que les hématies de sardine du golfe du Lion sont agglutinées dans une proportion élevée par le sérum de thon alors que cette agglutination ne s'est pas produite pour les sardines de St-Jean-de-Luz.

A ces différences essentielles s'en ajoutent d'autres moins caractéristiques mais réelles que nous avons mises en évidence en ce qui concerne notamment l'indice céphalique et prédorsal, la formule vertébrale et la croissance.

2°) A ce propos, nous espérons avoir démontré aussi par des analyses comparatives portant sur la morphologie des larves et la température de l'eau de mer, que la formule vertébrale, d'une grande utilité dans les recherches ichthyologiques pour distinguer les groupements raciaux, est un caractère excellent, rejeté par certains d'une manière trop hâtive, car il n'est pas influencé par les variations d'une certaine amplitude, de la température en particulier. A plus forte raison des résultats obtenus en aquarium pour d'autres familles de poissons, en créant des variations du milieu brusques et de forte amplitude, qui ne se rencontrent pas dans la nature, ne permettent pas d'infirmer la valeur de ce caractère.

3°) Les sardines du golfe du Lion ne forment pas un groupement homogène. Si pour elles les variations sont beaucoup moins fortes que dans l'Atlantique, les caractères étudiés ici sur les sardines du golfe de Marseille, de Sète et du Roussillon présentent un ensemble de variations légères mais concordantes. On peut donc considérer ces sardines comme appartenant à trois formes : catalane, languedocienne, provençale.

4°) Les sardines languedociennes se reproduisent en hiver, d'octobre à mars, principalement dans la zone des profondeurs de 40 à 80 m, c'est-à-dire à une certaine distance de la côte. La température optima pour la ponte se situe entre 12° et 13°7 cependant la marge thermique qui permet l'émission des œufs est plus large : 11 à 21°. Pour la salinité, l'optimum se place entre 37.4 et 38.1 ‰, mais on trouve des œufs à partir de 36 ‰.

C'est au cours de la deuxième année, à la taille de 13-14 cm que cette sardine se reproduit pour la première fois. Ensuite, comme partout ailleurs, son cycle est annuel. Le stock languedocien est constitué en quasi-totalité par des poissons detous les âges jusqu'à 6 ans. Les spécimens de plus de 6 ans sont rares ; la longévité du groupe atteint 10 ans.

Ces sardines passent toute leur vie dans le golfe du Lion. Leurs migrations ont une amplitude moindre qu'en Atlantique. Suivant leur âge elles se déplacent du large vers la côte entre avril et juin et retournent vers le large entre septembre et novembre.

De plus, une autre migration parallèle au rivage affecte les adultes. Elle s'effectue d'est en ouest au début de l'été. Elle est d'autant plus marquée que les conditions hydrologiques sont défavorables dans la région de Sète.

Les déplacements verticaux journaliers et les migrations plus amples ont été analysés en fonction des conditions de milieu : température, salinité, turbidité, plancton et des phases de la lune. Ils nous ont permis de saisir certains rapports existant entre la biologie de la sardine et la pêche et de définir en particulier ce que sont les « eaux à sardines ». De ces données pourront être tirés des enseignements utiles aux pêcheurs.

Par ailleurs, notre étude sur les œufs de sardines et la fécondité des groupements du golfe du Lion ainsi que les prospections que nous avons faites au moyen du sondeur à ultra-sons sur l'importance des bancs rassemblés en cette région nous permettent de conclure que la pêche à la sardine peut connaître, sans risque de surexploitation, un développement à l'échelle de la pêche atlantique.

BIBLIOGRAPHIE

Ancona (U. d'), 1931. — Clupeoidei. Uova, larva et stadi giovanili di Teleostei. — *Fauna e flora del Golfo di Napoli* (38) : 1-20.

Allain (C.), 1960. — Topographie dynamique et courants généraux dans le bassin occidental de la Méditerranée (golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran et ses abords, secteur à l'est de la Corse). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (1) : 121-145.

Ahlstrom (E. H.), 1943. — Influence of temperature on the rate of development of pilchard eggs in nature. — *Fish. Wild. Seerv. sp. sci. Rép.*, n° 23, 26 p.

— 1958. — Sardine eggs and larvae and other fish larvae, pacific coast 1956. — *Fish. Wild. Serv. sp. sci. Rép* n° 251 : 84 p.

— 1959. — Vertical distribution of pelagic fish and eggs larvae off California and Baja California. — *Fish. Wild. Serv. Fish. Bull.* n° 161 : 107-143.

Ahlstrom (E. H.) et Kramer (D.), 1955. — Pacific (pilchard) sardine eggs and other fish larvae, Pacific coast 1953. — *Fish. Wild. Serv. sp. sci. Rép.*, n° 155, 75 p.

— 1957. — Sardine eggs and larvae and other fish larvae. Pacific coast 1955. — *Fish Wild. Serv. sp. sci. Rép.*, n° 224 : 90 p.

Andreu (B.), 1953. — Sobre la relacion entre el numero de branquispinas y la talla en la Sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) espanola. — *Boll. Inst. esp. Oceanogr.* n° 62 : 3-28.

— 1955. — The sexuality of sardines. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 3 : *Docum. techn.*, n° 1, 45-60.

Andreu (B.), Anadon (E.), Arte (P.) et Toll (R.), 1952. — Sobre el significato de las variaciones de la media vertebral de la sardina de Vigo (*Sardina pilchardus* Walb.) estudiatos en grupos de talla de la clase cero. — *Public. Inst. Biol. appl.* **10** : 109-131.

Andreu (B.) et Pinto (J. S.), 1957. — Caracteristicas histologicas y biometricas del ovario de sardina (*Sardina pilchardus* Walb.) ovigen de los ovocitos. — *Invest. Pesqueras*, n° 6 : 3-38.

Andreu (B.) et Rodriguez-Roda (J.), 1951. — Estudio comparativo del ciclo sexuel engrasamiento y replecion estomacal de la sardina, alacha y anchoa del mar Catalan, acompanado de relacion de pescas de huevos planctonidos de estas especies. — *Public. Inst. Biol. appl.*, **9** : 193-232.

ANGELIS (C. DE), 1954. — La pesca negli stagni della sardegna in rapporto alle condizioni fisico chimiche, biologiche e idrauliche. — *Boll. Pesca.* **30** (5-6): 12-4.

ANON, 1948. — Instructions nautiques. Meer Méditerranée. Série D (II). France (Côte nord), Corse, Maroc (Côte nord), Algérie, Tunisie. — *Serv. Hydrograph., Marine,* n° 426.

— 1956. — Guide des observations de l'Océan. (phon. : Ka-i-yo Kansokou Shishing). — *Soc. Océanogr. Japon.,* 252 p., 2 tabl.

— 1957. — La Campagne du « Donibane » en Méditerranée. — « *Sci. et Pêche* », *Inst. Pêches marit., Bull. Inf. Docum.,* n° 53 : 5-10.

— 1959. — Comparison of biological characteristics of Sardines and related species - a preliminary note. — *Congr. Sci. mond. Biol. Sardine. sept. 1959,* Sus 1.

— 1960. — Variations saisonnières dans la composition de la sardine méditerranéenne et atlantique. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 6, *Docum. tech.,* 21, 9 p. ronéo.

ASHHURST (D.E.), 1956. — Red blood-cell antigens in some lower vertebrates. — *J. exp. Biol.,* **33** : 249-255.

AUDOUIN (J.), 1957. — Note préliminaire sur l'hydrologie de l'étang de Thau (température et salinité). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.,* **21** (3): 1-19.

BARDAN DE BELLON (E.) et NAVARRO (F.P.), 1948. — La talla de la sardina en relacion con el arte de pesca y con el sexo. Observaciones en Malaga (1940-1947). — *Boll. Inst. esp. Oceanogr.,* n° 5 : 17 p.

— 1952. — Estudios sobre la sardina de Malaga en 1951 y consideraciones sobre la variabilidad de su formula vertebral. — *Boll. Inst. esp. Oceanogr.,* n° 57 : 3-23.

BARGETZI (J. P.) 1958. — Application et méthodes d'analyse biochimique à une étude taxonomique ; les Corégones du lac de Neuchâtel. 1. - Méthode immunologique. — *Inst. zool. Univ. Neuchâtel.,* Exp. 14/5, 185.

BELLOC (G.), 1930. — La question de la sardine dite « sauvage ». — *Rev. Trav. Off. Pêches marit.,* **3** (1) : 47-62.

BEN-TUVIA (A.), 1959. — Some studies on *Sardina pilchardus* from the coast of Israël. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 5 : *Docum. tech.,* n° 53 : 385-392.

BLACKBURN (M.), 1951. — « Condition rings » on scales of the European pilchard (*Sardina pilchardus* WALB.). — *Cons. int. Explor. Mer. J. Cons.,* **17** (2) : 181-195.

BOUGIS (P.), 1952. — La croissance des poissons méditerranéens. — *Vie et Milieu,* Suppl., n° 2 : 118-146.

— 1958. — Contribution à la connaissance des courants superficiels dans le nord-ouest de la Méditerranée occidentale. — *Comm. int. Explor. sci. Mer médit., Rapp. et P.V.,* **14** : 67-84.

BOUGIS (P.) et RUIVO (M.), 1953. — Un nouveau type de flotteur en matière plastique pour l'étude des courants de surface. — *Vie et Milieu,* **4** (2) : 171-176.

BOUGIS (P.), GINAT (M.) et RUIVO (M.), 1956. — Recherche hydrologique sur le golfe du Lion. — « *Vie et Milieu* », **7** (1) : 1-18.

BOURDILLON-CASANOVA (L.), 1958. — Répartition des larves de Crustacés Décapodes, dans le plancton du golfe de Marseille. — *Comm. int. Explor. sci. Mer médit. Rapp. et P.V.,* **14** : 243-246.

BROWN (M. E.), 1957. — The physiology of fishes. I. Metabolism. II. Behavior. — Acad. Press Inc., New York, 2 vol.

BUEN (F. DE), 1919. — Algunos datos sobre la sardina de Vigo. — *Boll. Pesqueras* n° 30 : 45-65.

— 1919. — Metodos seguidos en la investigacion de las escamas de sardinas. — *Boll. Pesqueras,* n° 30 : 67-75.

BUSER-LAHAYE (J.) et RUIVO (M.), 1952. — Facteurs endocrinologiques dans la biologie de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) 1. Topographie de la région thyroïdienne, localisation des follicules. — *Rev. Fac. Sci. Lisboa,* 2 a, s., c., **2** (1): 175-198.

CHABANAUD (P.), 1926. — Sur les Clupéidés du genre *Sardina* ANTIPA et de divers genres voisins. — *Bull. Soc. zool. France* **51** (2) : 156-163.

CLARK (F. N.), 1934. — Maturity of the California sardine determined by ova diamater mesurement. — *Calif. Fish Game. Fish. Bull.* n° 42-48 : 49 p.

CLERC (M.) et LEE (J. Y.), 1961. — Premières recherches sur l'hématologie et la sérologie des poissons (Sardine du golfe du Lion). — Présenté au 17e Congrès (1960) de la *Comm. int. Explor. sci. Mer médit.; Rapp. et P.V.,* **16** (sous presse).

COSTA (S.), 1960. — Amphipodes récoltés par le « Président-Théodore-Tissier » dans le golfe du Lion. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.,* **24** (2) : 253-256.

CREAC'H (P.), 1950. — Notes sur la biologie et la morphologie de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) dans le fond du golfe de Gascogne. — Biologie des Clupéidés (le Hareng excepté). — *Mém. Off. Pêches marit.,* ser. sp., n° 14 : 30-36.

CUNNINGHAM (J. T.), 1891-1892. — The reproduction and growth of the pilchard. — *J. mar. Biol. Ass. U.K.,* n. s. **11**.

CUSHING (J.E.), 1952. — Serological differenciation of fish bloods. — « *Sciences* » **115** (2989): 404-405 U.S.A.

CUVIER (G.), 1837-1843. — Le règne animal, etc. (Règne animal illustré). — Par une réunion des disciples de CUVIER A., 274 p., 104 pl., 2 fig.

DAWES (B.), 1956. — The trematoda with special reference to british and other European forms. — Published by the Syndics of the Cambridge Univ. Press, 1946.

DEMIRHINDI (U.), 1960. — Nutrition of the sardine (*Sardina pilchardus* WALB.). — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 6 : *Docum. techn.,* 36, 9 p. ronéo.

DEMIR (M.) et DEMIR (N.), 1960. — Note on the sardine (*Clupea pilchardus* WALB.) and its reproduction in the sea of Marmara. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 6 : *Docum. techn.,* 29, 3 p. ronéo.

DESBROSSES (P.), 1950. — Introduction à l'étude des caractères morphollogiques métriques des Clupéidés. Biologie des Clupéidés (le Hareng excepté). — *Mém. Off. Pêches marit.,* sér. sp. n° **14** : 23-29.

DIEUZEIDE (R.), 1958. — Rapport sur les travaux récents d'ichthyologie méditerranéenne. — *Comm. int. Explor. sci. Mer médit. Rapp. et P.V.,* **14** : 297-312.

DIEUZEIDE (R.) et ROLAND (J.), 1956. — Etude biométrique de *Sardina pilchardus* WALB. et de *Sardinella aurita* C. V. capturées dans la baie de Castiglione. — *Bull. St. Acq. Pêches Castiglione* **8** : 109-225.

— 1956. — Observations relevées sur les sardines (*Sardina pilchardus* WALB.) de la baie de Castiglione parasitées par *Peroderma cylindricum* HELLER. — *Bull. St. Acq. Pêches Castiglione,* **8** : 239-49.

DRILHON (A.), 1960. — L'apport de l'électrophorèse en gel d'amidon à l'étude des protéines sériques des poissons. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco,* n° 1168, 30 p.

FAGE (L.), 1913. — Recherches sur la biologie de la sardine (*Clupea pilchardus* WALB.) I. Premières remarques sur la croissance et l'âge des individus principalement en Méditerranée. — *Archives Zoo. exp.* **52** (3): 305-341.

— 1920. — Rapport sur la sardine. — *Off. sci. techn. Pêches marit., Notes et Mém.,* n° 1 : 9 p.

— 1920. — *Engraulidae, Clupeidae.* — Explor 1908-1910, to Mediterranean and adjacent seas. — *Rapp. dan. Oceanogr.,* **A. 9** : 5-140.

FATEMI (M.), 1938. — Les variations saisonnières du plancton de l'étang de Thau à l'embouchure du canal de Sète. — Thèse présentée à la Fac. des Sci. Univ. Montpellier n° 26 : 97 p.

FERNANDEZ (R.) et NAVARRO (F.), 1952. — La sardina de Santander. - Observaciones en 1950 y 1951. — *Boll. Inst. esp. Oceanogr.,* n° 55 : 1-24.

FLEURY (J.), 1950. — Contribution à l'étude de la nourriture de la sardine du golfe de Gascogne. Biologie des Clupéidés (le Hareng excepté). — *Mém. Off. Pêches marit.,* sér. sp., n° 14 : 53-56.

FONTAINE (M.) et RUIVO (M.), 1959. — Nouvelles perspectives de recherches sur les sardines. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine,* sept. 1959, MP 6 : 10 p.

FURNESTIN (J.), 1939-1943 (1945). — Contribution à l'étude biologique de la sardine atlantique (*Sardina pilchardus* WALB.). — *Rev. Trav. Off. sci. techn. Pêches marit.,* **13** (1-4) : 221-386.

— 1950[a]. — Premières observations sur la biologie de la sardine marocaine. — Biologie des Clupéidés (le Hareng excepté). — *Mém. Off. Pêches marit.* sér. sp., n° 14 : 57-61.

— 1950[b]. — Les races de sardine du détroit de Gibraltar et de ses abords. Biologie des Clupéidés (le Hareng excepté). — *Mém. Off. Pêches marit. sér. sp.,* n° 14 : 62-67.

— 1950[c]. — Etude comparative de quelques caractères métriques des sardines du golfe de Gascogne et du Maroc. - Biologie des Clupéidés (le Hareng excepté). — *Mém. Off. Pêches marit.* sér. sp., n° 14 : 37-42.

— 1952. — Biologie des Clupéidés méditerranéens. — *Actual. sci. indus.,* n° 1187 : 96-117.

— 1960[a]. — Hydrologie de la Méditerranée occidentale (golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran, Corse orientale), 14 juin-20 juillet 1957. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.,* **24** (1): 5-119.

— 1960[b]. — Teneur en oxygène des eaux de la Méditerranée occidentale (supplément à l'étude hydrologique de juin-juillet 1957). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.,* **24** (4) : 453-480.

FURNESTIN (J.) et VINCENT (A.), 1958. — Variation des branchiospines dans le genre *Alosa.* — *C.R. Séances Acad. Sci. Paris,* **247** : 3376-3379.

FURNESTIN (J.) et FURNESTIN (M. L.), 1959. — La reproduction de la sardine et de l'anchois des côtes atlantiques du Maroc. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.,* **23** (1) : 79-104.

FURNESTIN (J.), COUPÉ (R.), GAIL (R.), MAURIN (Cl.), et ROSSIGNOL (M.), 1953. — Ultra-sons et pêche à la sardine au Maroc. Les essais du bateau-pilote-de-pêche « Jean-François ». — *Inst. Pêches marit. Maroc, Bull.* n° 1 : 61 p., 47 fig.

FURNESTIN (M. L.), 1960. — Zooplancton du golfe du Lion et de la côte orientale de Corse. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.,* **24** (2) : 153-252.

GABRIEL (M. L.), 1944. — Factors affecting the number and form of vertebrae in *Fundulus heteroclitus.* — *J. exp. Zool.,* **95** (1) : 105-141, 2 pl.

GAMULIN (T.), 1954. — La ponte et les aires de ponte de la sardine (*Clupea pilchardus* WALB.) dans l'Adriatique. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 2 : *Docum. techn.,* n° 40, 229-232.

— 1959. — Les problèmes de la ponte de la sardine. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine,* sept. 1959, EP 9, 12 p.

GAMULIN (T.) et HURE (J.), 1955. — Sur l'écologie de la ponte de la sardine dans l'Adriatique. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 3 : *Docum. techn.,* n° 10, 141-144, FAO.

GAMULIN (T.), et ZAVODNIK (D.), 1960. — Spawning of the sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) of the west coast of Istria (Northern Adriatic). — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 6 : *Docum. techn.,* 11, 4 p. ronéo.

GILET (R.), 1959. — Essais d'étude sur la thermométrie des eaux dans le golfe de Marseille. — *Rev. Trav. Stat. mar. Endoume,* **26** (16): 7-10.

GRASSÉ (P. P.), 1958. — « Traité de Zoologie ». Anatomie, systématique, biologie. — Masson et Cie, Ed. **13** (2).

HAND (C. H.) et BERNER (L. J.), 1959. — Food of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). — *Fish. Wild. Serv. Fish. Bull.,* **60** (164) : 175-181.

HARDY (A.), 1956. — The open sea. 1. The world of plancton. 2. Fish and fisheries. — 2 vol. Collection « *New naturalist* », Collins, London.

HARVEY (H.), 1945. — Recent advances in the chemistry of sea water. — Cambridge Univ. Press.

HERRERA (J.) et MUNOZ (F.), 1957. — Consideraciones biologicas sobre la composicion quimica de la sardina de Castellon. — *Invest. Pesquera,* **7** : 33-48.

HICKLING (C. F.), 1945. — The seasonal cycle in the cornish pilchard. — *J. mar. Biol. Ass. U.K.,* **26** : 115-138.

HIDAKA (K.), 1955. — Le courant (phon. : Ka-i-ryou). — Librairie « Iwanawi » Cie., n° 182 : 291 p., 2 fig., Japon.

HIRAO (S.) et Coll., 1957. — Carotenoids in Fish, the distribution of *Xanthophyllus* in various fishes. — *Bull. Tokai régio. fish research Lab.* **16** : 53-48.

HIROMO (O.) et MITSUI (L.), 1955. — Notes on body-temperature of fish. 1. Relation between body-temperature and water temperature. — *J. Shimonoseki, Coll. Fish,* **4** (1) : 79-82.

HOEK (P. P. C.), 1914. — Les Clupéidés (le hareng excepté) et leur migration. II. Les sardines. — *Cons. int. Explor. Mer, Rapp. et P.V.,* **18**, 1-69.

HOLLANDE (A.) et CACHON (J.), 1952. — Un parasite des œufs de sardine ; *Ichthyodinium chabelardi* n. g. n. sp. (Péridinien parasite). — *C.R. Séances Acad. Sci.,* Paris, **235** : 976-977.

— 1952[b]. — Morphologie et évolution d'un Péridinien parasite des œufs de sardine (*Ichthyodinium chabelardi*). — *Bull. Trav. Pub. St. Acq. Pêches Castiglione,* n. s. n° 4 : 319-331.

HOLT (E. W. L.), 1899. — Recherches sur la reproduction des poissons osseux principalement dans le golfe de Marseille. — *Ann. Mus. Hist. nat. Marseille,* **5** (2) : 5-128.

HOLT (S. J.), 1959. — A preliminary comparative study of the growth maturity and mortality of sardine. — *Congr. Sci. mond. Biol. Sardine,* sept. 1959, Sus 4 : 5 p.

HUBBS (C. L.), 1922. — Variation in the number of vertebrae and other meristic characters of fishes correlated with the temperature of water during development. — *Amer. Nat.,* **56** : 360-372.

ITAZAWA (Y.), 1959. — Influence of temperature on the number of Vertebrae in fish. — *Nature,* London, **183** (4672): 1408-1409.

LEA (E.), 1910. — On the methode used in the herring investigations. — *Cons. int. Explor. Mer., Publ. Circonst.* n° 53 : 7-175.

LEBOUR (M. V.), 1921. — The larval and post larval stages of pilchard, sprat and herring from Plymouth district. — *J. mar. Biol. Ass. U. K.,* n. s., **12** (3) : 427-457.

— 1927. — The food of *Sardina pilchardus.* — *Bull. Soc. Sci. nat. Maroc,* **7**, n° 7-8 : 220-223.

LEE (J. Y.), 1959. — Note préliminaire sur la sardine (*Sardina pilchardus sardina* RISSO) du golfe du Lion. — *Congr. Sci. mond. Biol. Sardine,* sept. 1959, EP 25, 9 p. 1 tabl.

LE GALL (J.), 1930. — Contribution à l'étude de la sardine des côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique (2[e] partie : la sardine des côtes de Bretagne). — *Rev. Trav. Off. Pêches marit.,* **3** (1): 19-46.

LETACONNOUX (R.), 1950. — Etude préliminaire de la sardine du secteur de La Rochelle. Biologie des Clupéidés (le Hareng excepté). — *Mém. Off. Pêches marit.* sér. sp., n° 14 : 68-72.

— 1954. — Observations sur la sardine des Açores et nouvelle contribution à l'étude du genre *Sardina.* — *Inst. sci. tech. Pêches marit., Notes et Rapp.,* **11** ; 37-56.

LINDROTH (A.), 1947. — Time of activity of freshwater fish *Spermatozoa* in relation to temperature. — *Zoo. Bidrag.,* **25** : p. 165.

LOZANO-REY (L.), 1950. — Etude systématique des Clupéidés et des Engraulidés de l'Espagne, du Maroc et du Sahara espagnol. Biologie des Clupéidés (le Hareng excepté). — *Mém. Off. Pêches marit.,* sér. sp., n° 14 : 7-20.

MAC GREGOR (J. S.), 1957. — Fecundity of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). — *Fish Wild. Serv. Fish. Bull.,* **57** (121): 427-448.

MARGALEF (R.), 1959. — Fluctuations in abundance and availability caused by biotic factors. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine,* sept. 1959, MBS/CM/1 : 4 p.

MARGALEF (R.), HERRERA (J.) et MUNOZ (F.), 1958. — La production du phytoplancton dans les eaux côtières du Levant espagnol. — *Comm. int. Explor. sci. Mer médit., Rapp. et P.V.,* **14** : 269-275.

MARION (A. F.), 1889. — Recherche sur la sardine de la Méditerranée. — *Ann. Mus. Hist. Nat. Marseille,* **3** : 69-83.

— 1891. — La sardine sur les côtes de Marseille durant la campagne de 1889-1890. — *Ann. Mus. Hist. nat., Marseille,* **4** : 99-108

— 1891. — La sardine de Marseille durant la campagne de 1890-1891. — *Ann. Mus. Hist. nat. Marseille,* **4** : 67-74.

MARTIN (A. W.), 1947. — The blood volume of some Elasmobranches. — *Fed. Prod.,* **6** (1) : 164-165.

MATTA (F.), 1957. — Sur la biométrie de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) de la Mer tyrrhénienne. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 4 : *Docum. techn.,* n° 39, : 327-333.

MAURIN (C.), 1954. — Les merlus du Maroc et leur pêche. — *Inst. Pêches marit. Maroc, Bull.* n° 2 : 7-79.

MAURIN (C.) et LEE (J. Y.), 1959. — Note sur la présence de *Sardinella aurita* C.V. dans le golfe du Lion. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine,* sept. 1959, EP 24 : 4 p.

MILLER (D. J.), 1952. — Development through the prolarval stages of artificial fertilized eggs of the Pacific sardine. — *Calif. Fish Game*, **38** (4) : 587-595.

MONTEIRO (R.), 1954. — Contribuiçaos para o estudo da biologia dos « *Clupeidae* » de Angola. 1. *Sardinella aurita* C. V. — *Anais Junta de Inv. Ultramai*, V. 9, **2** : 3-27.

— 1959. — Sobre e ocorrencia de *Sardinops ocellata* (PAPPE) em aguas Centro-Angolanas. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine*, sept. 1959, EP. 16 : 6 p., 1 tabl., 7 fig.

MONTEIRO (R.) et RUIVO (M.), 1954. — Biologie et écologie de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) des eaux de Banyuls. II. Sur le rapport entre la croissance des écailles et celle du poisson (1). — *Vie et Milieu*, **5** (2) : 215-225.

MOREAU (E.), 1881. — Histoire naturelle des poissons de France. — Paris, Masson Ed., **3**.

MOZZI (C.) et DUO (A.), 1959. — Croissance et âge des sardines de la haute Adriatique débarquées à Chioggia. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 5 : *Docum. techn.*, n° 10 : 105-112.

— 1960. — Observations sur les sardines (*Sardina pilchardus* WALB.) de la haute Adriatique débarquées à Chioggia en 1958. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 6 : *Docum. techn.*, 23, FAO.

MURRAY (S. J.) et HJORT (J.), 1912. — The depths of the Ocean. — Published Mac Millan and Co., 808 p., London.

MURAT (M.), 1935. — Contribution à l'étude de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) de la baie de Castiglione. — *Bull. Stat. Acq. Pêches Castiglione*, n° 2 : 95-196.

MUZINIC (R.), 1952. — Remarque sur le développement et la croissance des otolithes de la sardine. — *Acta adriat.*, **4** (13) : 1-22.

— 1955. — Résumé de nos connaissances actuelles sur la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) de l'Adriatique. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 3 : *Docum. techn.*, n° 34 : 307-314.

— 1959. — On the rings on sardine scales. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 5 : *Docum. techn.*, n° 46 : 341-350.

— 1959. — *Sardina pilchardus* WALB. Mediterranean and Black sea. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine*, sept. 1959, SA 4 : 14 p., 1 fig.

— 1959. — On the identification of population of sardine in the Adriatic. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine*, sept. 1959, EP 7 : 4 p., 1 fig.

— 1959. — On the schooling and feeding habits of sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) in aquarium. Preliminary observation. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine*, sept. 1959, EP 17 : 4 p.

NAKAI (Z.), 1956. — Fluctuation in the distribution of sardine due to oceanographic condition in the Far-East. — *Proc. Indo-Pacific fish Coun.*, **2** (11) : 250-254.

— 1959. — Changes in the population and catch of the Far-East sardine area. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine*, sept. 1959, SA 5 : 22 p., 9 tabl., 27 fig.

— 1959. — Fluctuations in abundance and availability of sardine population caused by abiotic factors. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine*, sept. 1959, MP 4, 23 p., 11 fig.

NAVARRO (F. DE P.), 1926. — Estudia sobre los clupeados de Baleares. 1. Estados jovenes de la sardina. — *Notas y Resum. Inst. esp. Oceanogr.* **2** (9).

— 1948. — Los clupeidos y la anchoa de las costas espanolas en el invierno 1947-1948. — *Bol. Inst. esp. Oceanogr.*, n° 10 : 20 p., 2 fig., 21 tabl.

— 1955. — L'identification des races et des populations de sardines. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 3 : *Docum. techn.*, n° 5, 87-94.

NAVAZ (J. M.) et NAVARRO (F. de P.), 1952. — Nuevas observaciones sobre la sardina del golfo de Vizcaye (1951) y consideraciones sobre la estadistica de pesca. — *Bol. Inst. esp. Oceanogr.*, n° 54 : 3-18.

OKUBO (S.), 1955. — Planctonologie (phon. : Fuyuseiboutsu Bunluigaku). — Publié par « Koseigaku », Co., 433 p., 34 pl., Japon.

OLIVER (M.), 1951. — La sardine de la costa noroesta espanola en 1948 y 1949. (Estudio biometrico y biologico). — *Bol. Inst. esp. Oceanogr.*, n° 42, 12 p.

— 1957. — Biologie de la sardine des Baléares (frai, alevinage et développement au cours de la première année). — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 4 : *Docum. techn.*, n° 6 : 51-62.

— 1959. — Quelques renseignements sur la sardine d'Ibiza et de Formentera. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 5, *Docum. techn.*, n° 21 : 191-195.

OLIVER (M.) et NAVARRO (F. de P.), 1952. — Nuevos datos sobre la sardina de Vigo (febrero de 1950 a marzo de 1952). — *Bol. Inst. esp. Oceanogr.*, n° 56 : 25-39.

— 1952. — La alacha y la sardina de Baleares investigaciones en 1950 y 1951. — *Bol. Inst. esp. Oceanogr.*, n° 58 : 3-49.

OLIVER MASSUTI (M.), 1955. — La ponte de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) dans le détroit de Gibraltar, la Mer d'Alboran, les eaux du Levant espagnol et des îles Baléares. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 3 : *Docum. techn.*, n° 7 : 103-130.

PINTO (J. S.), 1954. — Note on a new case of hermaphroditism in *Sardina pilchardus* WALB. — *Rev. Fac. Sci. S.2 A, C. 4, 1* : 29-36., Lisboa.

— 1957. — Essai d'une échelle de maturation sexuelle pour les mâles de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) basé sur l'histologie des testicules. — *Notas e Estudos Inst. Biol. marit.*, n° 15 : 1-13, 5 pl., 1957.

— 1957. — Parasitic castration in malos *Sardina pilchardus* WALB. due to testicular ingestation by the Coccidia « *Eimeria sardinæ* (THELOHAN) ». — *Rev. Fac. Sci. Lisboa* (2 C), **5** : 209-224.

PINTO (J. S.) et ANDREU (E.), 1957. — Echelle pour la caractérisation des phases évolutives de l'ovaire de sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) en rapport avec l'histologie de la gonade. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 4, *Docum. techn.*, n° 46 : 393-411.

PINTO (J. S.) et BARRACA (I. F.), 1958. — Aspects biologiques et biométriques de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) des environs de Lisbonne, pendant les années 1952-57. — *Notas e Estudos Inst. Biol. marit.*, n° 19 : 3-58, 12 tabl.

PLANAS (A.) et ROIG (J.), 1949. — Note sobre la localizacion de un area de puesta de *Sardina pilchardus* WALB. en Mediterraneo occidental (Sectores de Cambrils, Vinaroz y Castellon de la Plana). — *Public. Inst. Biol. apl.* **6** : 53-58.

PLANAS (A.) et VIVES (F.), 1952. — Contribucion al estudio de la sardina (*Sardina pilchardus* WALB.) del levante espanol (sectores de Vinaroz et Islas Columbretes). — *Public. Inst. Biol. apl.* **10** : 5-52.

POSTEL (E.), 1959. — A propos d'un lot de sardinelles plates (*Sardinella* sp.) capturé dans le golfe de Tunis. — *Bull. Mus. nat. hist. nat.*, **31** (3) : p. 230-237.

POUCHET (G.), 1887. — La question de la sardine. — *Rev. sci.*, n° **24**.

RAFFAELE (F.), 1888. — Le uova gallegianti e le larva dei Teleostei nel golfo de Napoli. — *Mitt. Zool. St. Neapel.*, **9**.

RAMALHO (A), 1927. — A sardinha em Portugal. — Notas biologicas. — *Trav. Stat. Biol. marit.*, n° 14.

— 1929. — Contribution à l'étude des races de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) au Portugal, à Madère et aux Açores. — *Cons. int. Explor. Mer., Rapp. et P.V.*, **54** : 46-55.

RAMALHO (A.) et WAGNER (D.), 1936. — Estudios sobre as conservas de Sardinha. — *Revi. Ass. Ensenheiros civis Portugueses*, separata n° 732.

REGAN (C. T.), 1916. — The british fishes of the subfamily *Clupeidae* and related species in other seas. — *Ann. Mag. nat. Hist.*, **18**, (103) : 1-19 ; 12 fig.

REICHENBACH-KLINKE (H.H.), 1958. — Les parasites de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) et de l'anchois (*Engraulis encrasicholus* ROND.) — *Comm. int. Explor. sci. Mer médit., Rapp. et P.V.*, **14** : 351-353.

RIDGWAY (G. S.), 1957. — The use of immunological techniques in racial studies contribution to the study of subpopulations of fishes. — *Fish. Wild. Serv. sp. sci., Rapp.*, n° 208 : 39-42, 1 fig.

RISSO (A.), 1826. — Histoire naturelle des principales productions de l'Europe méridionale et particulièrement de celle des environs de Nice et des Alpes-maritimes : table méthodique des genres de poissons. — Pub. par Librairie F. G. Levrault, Paris, **3** : 99-480.

ROCHE (J.) et COLLET (J.), 1940. — Activité phosphatasique des divers organes osseux au cours du développement chez la sardine et le rôle de la phosphatase dans la formation du squelette. — *Bull. Soc. Chimie biol.*, **22** : 245-262.

RODRIGUEZ-RODA (S.), 1958. — Estudio comparativo del crecimiento de las sardinas, *Sardina pilchardus* WALB. de Barbate (Costa sudatlantica espanola) y Larache (Costa atlantica de Marruescos). — *Invest. Pesqueras*, n° 13 : 3-36.

RODRIGUEZ-RODA (J.) et LARRANETA (M. G.), 1955. — La croissance de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) des côtes d'Alicante comparée à celle de Castellon. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée*, n° 3 : *Docum. techn.*, n° 2 : 61-66.

RODRIGUEZ-RODA (J.), LARRANETA (M. G.) et DURAN (M.), 1952. — La relacion longitud pez-longitud escama en la sardina (*Sardina pilchardus* WALBAUM) del area de Castellon. — *Publi. Inst. Biol. apl.* **10** : 53-66.

RODRIGUEZ-RODA (J.), LARRANETA (G.), MARGALEF (R.), et ANDREU (B.), 1951. — Datos para una critica del significado de la media vertebral en las poblaciones de sardina (*Sardina pilchardus* WALB.) — *Publ. Inst. Biol. apl.* **9** : 185-192.

ROMANOVSKY (V.), 1954. — Les courants marins de surface dans le bassin occidental de la Méditerranée. — *Assoc. Oceanogr. phys., Union géodés. et géophys. int., P.V.* **6** : 256-7.

ROSSIGNOL (M.), 1959. — Contribution à l'étude biologique des sardinelles. Etude de la variation d'un caractère méristique : le nombre de branchiospines. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **23** (2) : 211-224.

ROUCHE (J.), 1940. — Observations océanographiques de surface dans l'Océan atlantique et en Méditerranée. — *Ann. Inst. océanogr.* n. s., **20** (2) : 216 p.

RUIVO (M.) et WIRZ (K.), 1952. — Biologie et écologie de la sardine, *Sardina pilchardus* WALB. des eaux de Banyuls. Observation sur la ponte en automne-hiver 1951. — *Vie et Milieu*, **3** (2) : 151-189.

RUIVO (M.) et MONTEIRO (R.), 1954. — Biologie et écologie de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) des eaux de Banyuls. II. Sur le rapport entre la croissance des écailles et celle du poisson. — *Vie et Milieu*, **5** (2) : 215-225.

— 1954. — L'influence du facteur température sur le déterminisme de la composition vertébrale chez *Sardina pilchardus* (WALB.) des eaux de Banyuls. — *C.R. Acad. Sci.* Paris, **239** (25) : 1875-1877.

RUUD (J. T.), 1954. — Vertebrates without erythrocytes and blood pigment. — « *Nature* », London, **173** : 848-850.

SCHACHTER (D.), 1960. — Quelques données sur les caractères morphologiques et biologiques de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) de l'étang de Berre. — *Bull. Inst. oceanogr. Monaco*, n° 1175 : 1-9, 8 tabl., 6 graph.

SCHMIDT (J.), 1917. — Racial investigations. I. *Zoarces viviparus* L. and local races of the same. — *C.R. Trav. Lab. Carlsberg,* **14** (1) : 1-19.

— 1921. — Racial investigations. VII. Annual fluctuations of racial characters in *Zoarces viviparus*. — *C.R. Trav. Lab. Carlsberg,* **14** (15) : 1-24.

SOMMANI (E.), 1957. — Prime osservazioni sulla biologia della sardina (*Sardina pilchardus* WALB.) del Tirreno e considerazioni relative alla pesca. — *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.* **12** (1) : 5-22.

SUAU (P.), 1959. — Contribution à la connaissance des stocks de sardines de la Méditerranée espagnole. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 5 : *Docum. techn.* n° 63 : 453-458.

SUEHIRO (Y.), 1951. — Ichthyologie (phon. : Gyorui Gaku). — Librairie « Iwanami » Cie., 332 p., 2 fig., Japon.

SVERDRUP (H. U.), JOHNSON (M. W.) et FLEMING (R. H.), 1942. — The ocean, their physics, chemistry and general biology. — Prentice Hall, Inc., U.S.A.

SUNDEVALL (C. J.), 1885. — Om Fiskyngels utveckling. — *Kgl. Svenska vetensk. Akad. Handl. Stockholm,* **1**.

TANING (A. V.), 1944. — On the influence of temperature on some meristic characters in sea-trout and the fixation-period of those characters. — *Medd. Komm. Danm. Fisk. Havund.,* **1** (3) : 66 p.

— 1950. — Influence of the environment on number of vertebrae in Teleostean fishes. — *Nature,* London, **165** (4184): 28-30.

— 1952. — Experimental study of meristic characters in the fishes. — *Biol. Rev.,* **27** : 169-193.

TCHERNIA (P.) et SAINT-GUILLY (B.), 1959. — Nouvelles observations hydrologiques d'hiver en Méditerranée occidentale. — *Cahiers Oceanogr. C.O.E.C.,* **11** (7) : 499-542.

TESTER (A. L.), 1938. — Variation in the mean vertebral count of the herring (*Clupea palasii*) with water temperature. — *J. Cons. int. Explor. Mer.,* **13** (1) : 70-75.

TIMON-DAVID (J.), 1937. — Etude sur la Trématode parasite des poissons du golfe de Marseille (première liste). — *Bull. Inst. océanogr. Monaco,* n° 717 : 1-24.

— 1953. — Sur une métacercaire de la sardine et ses affinités avec le groupe *Rhodometopa*. — *C.R. Acad. Sci.* Paris, **237** : 1182-1184.

THOMOPOULOS (T.), 1952. — Notes sur le plancton de la baie de Banyuls. — *Vie et Milieu,* **3** (3) : 327-335.

TREGOUBOFF (G.) et ROSE (M.), 1957. — Manuel de planctonologie méditerranéenne. — *Centre nat. Rech. sci. Paris,* 2 vol.

UDA (M.), 1953. — Océanographie météorologique (phon. : Ka-i-ryou Kishogaku). — « Tennen Sha » Cie, 303 p., Japon.

— 1959. — The fluctuation of the sardine fishery in the oriental water. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine.* sept. 1959, EP 2 : 11 p.

VUCETIC (T.), 1960. — Abundance of Zooplancton compared with sardine catch in the central part of the eastern Adriatic. — *Cons. gén. Pêches Méditerranée,* n° 6 : *Docum. techn.* 34, 8 p. ronéo.

WINGSTRAND (K. G.), 1956. — Non nucleoted erythrocytes in the Teleostean fish, *Maurolicus mülleri* (GMELLIN). — *Zeits. f. Zellforsch.,* **45** : 195-200.

YAMANAKA (I.), 1959. — Comparative study of the population size of Japanese and California sardine. — *Congr. sci. mond. Biol. Sardine,* sept. 1959, EP. 19, 14 p., 25 fig.

ZUPANOVIC (S.), 1955. — A statistical contribution to the study in ecology of sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) in the central Adriatic. — *Acta adriat.* **7** (10), 3-31.

ANNEXE

TABLEAU I. — Répartition de la taille des mâles et des femelles (en %).

Régions	LT (mm)	Males										Femelles											Nb. total
		110	120	130	140	150	160	170	180	Nb.	LT moy.	120	130	140	150	160	170	180	190	200	Nb.	LT moy.	
Sète (mer)	Février			10,9	45,3	32,8	11,0			64	144,4		2,2	25,8	29,4	33,8	8,8				136	152,1	200
	Mars			7,5	47,5	37,5	5,0	2,5		40	144,7		3,3	64,1	26,1	6,5					92	143,6	132
	Avril				8,1	48,4	38,7	4,8		62	154,0		0,7	8,3	36,1	42,1	12,8				133	155,8	195
	Mai				6,5	33,2	47,7	11,2	1,4	214	156,8			3,7	24,5	35,7	29,4	6,7			267	161,1	483
	Juin				9,1	48,7	41,4	0,8		263	153,4			2,9	41,3	50,0	5,0	0,8			240	156,0	503
	Juillet				1,8	31,3	62,7	4,2		217	156,9				27,6	54,8	17,1	0,5			199	159,0	416
	Août			0,4	1,3	40,8	52,9	4,6		238	156,0			0,8	30,2	47,5	16,1	0,4	0,4		242	158,2	480
	Septembre			1,9	15,5	36,2	44,2	2,4		207	152,9		0,9	14,5	15,0	53,7	15,9				214	156,9	421
	Octobre			2,5	43,6	38,5	15,4			39	146,6			22,0	37,8	30,5	8,5	1,2			82	152,9	122
	Novembre				4,8	85,7	9,5			21	150,5			2,4	8,3	54,8	32,1	2,4			84	162,4	105
Total	Nb.			16	148	538	605	55	3	1 365	154,0		9	175	482	738	261	25	1		1 691	156,8	3 056
	%			1,2	10,9	39,4	44,3	4,0	0,2		44,7		0,5	10,4	28,5	43,6	15,4	1,5	0,1			55,3	
Sète (étang de Thau)	Août	11,1	11,1	66,7	11,1					9	127,8	18,8	56,2	25,0							16	130,6	25
	Octobre			10,0	65,0	25,0				20	141,5		10,0	40,0	50,0						20	144,0	40
	Novembre		2,7	25,3	57,3	14,7				75	138,4		25,9	40,7	31,5	1,9					54	140,9	129
Total	Nb.	1	3	27	57	16				104	138,1	3	25	34	27	1					90	139,8	194
	%	0,9	2,9	26,0	54,8	15,4					53,6	3,3	27,8	37,8	30,0	1,1						46,4	
Roussillon	Janvier					11,1	33,3	55,6		9	164,4						13,3	60,0	20,0	6,7	15	182,0	24
	Mars						41,7	50,0	8,3	12	166,7					31,3	43,7	25,0			16	169,4	28
	Avril					10,7	57,2	32,1		28	162,1				16,6	52,4	26,2	4,8			42	161,9	70
	Mai					12,5	62,5	25,0		16	161,3				18,7	68,8	12,5				16	159,4	32
	Juillet					11,1	74,1	14,8		54	160,4				19,4	30,6	41,7	8,3			36	163,9	90
	Août					13,3	66,7	20,0		15	160,7					10,5	68,4	21,1			19	171,1	34
Total	Nb.					14	84	35	1	134	161,7				17	51	50	22	3	1	144	166,3	278
	%					10,4	62,7	26,1	0,8		48,2				11,8	35,4	34,7	15,3	2,1	0,7		51,8	
Marseille	Novembre					12,5	23,9	52,1	11,5	96	166,3				5,2	16,7	57,3	17,7	3,1		96	169,7	192
Total	Nb.					12	23	50	11	96	166,3				5	16	55	17	3		96	169,7	192
TOTAL	Nb.	1	3	43	205	580	712	140	15	1 699	154,3	3	34	209	531	806	366	64	7	1	2 021	157,3	3 720
	%	0,1	0,2	2,5	12,1	34,1	41,9	8,2	0,9		45,7	0,1	1,7	10,3	26,3	39,9	18,1	3,2	0,3	0,1		54,3	

TABLEAU II. — Valeur de l'indice céphalique.

Taille (en cm)	Sète		Roussillon		Marseille	
	Nb.	L. cpl.	Nb.	L. cpl.	Nb.	L. cpl.
3	11	19.54				
4	123	20.33				
5	55	21.60				
6	32	21.47				
7	15	21.27				
8	16	21.41				
9	4	20.75				
10	1	20.50				
Total....	257					
12	8	20.38				
13	74	20.14				
14	366	20.05				
15	1068	20.12	34	20.06	17	19.91
16	1410	20.10	136	20.40	32	20.09
17	463	20.13	82	20.37	75	20.12
18	81	20.07	24	20.08	24	20.08
19	13	19.85	2	20.00	2	20.00
20	1	19.70				
Total....	3484		278		150	

TABLEAU III. — Valeur de l'indice prédorsal.

Taille (en cm)	Sète		Roussillon		Marseille	
	Nb.	LT/D	Nb.	LT/D	Nb.	LT/D
1,5		1,17				
2		1,9				
3	11	2,14				
4	136	2,37				
5	56	2,66				
6	28	2,67				
7	9	2,65				
8	14	2,64				
9	5	2,66				
10	3	2,68				
11	1	2,70				
Total....	263					
12	6	2,72				
13	77	2,72				
14	384	2,73				
15	1 067	2,73	31	2,74	16	2,74
16	1 534	2,71	134	2,71	36	2,71
17	524	2,69	85	2,68	100	2,69
18	85	2,69	25	2,70	25	2,68
19	10	2,69	3	2,67	3	2,70
Total....	3 687		278		180	

TABLEAU IV. — Répartition mensuelle des sardines (en %) suivant le nombre de vertèbres.

Origine et date	Nombre de vertèbres					Nombre d'individus	Moyenne vertébrale	Indice de variabilité	Fl. m
	50	51	52	53	54				
Sète (mer) 1959									
Février	1.0	38.8	54.2	6.0		201	51.65	0.61	± 0.14
Mars	0.7	37.8	58.5	3.0		135	51.64	0.56	± 0.16
Avril	1.0	36.9	59.1	3.0		198	51.64	0.56	± 0.13
Mai	1.9	39.0	54.6	4.5		485	51.62	0.61	± 0.09
Juin	0.6	39.4	55.0	5.0		502	51.64	0.58	± 0.09
Juillet	1.4	37.0	58.9	2.7		416	51.63	0.56	± 0.09
Août	1.7	36.7	57.8	3.8		479	51.64	0.58	± 0.09
Septembre	0.7	41.8	52.0	5.5		421	51.62	0.60	± 0.10
Octobre	0.8	33.9	59.5	5.8		121	51.70	0.59	± 0.18
Novembre	1.9	37.1	54.3	6.7		105	51.66	0.63	± 0.21
Total Nb	37	1 175	1 716	135		3 063	51.64	0.59	± 0.04
%	1.2	38.4	56.0	4.4					
Sète (canal)									
Avril-Juil. 1959	1.3	35.4	57.0	6.2		381	51.68	0.61	± 0.11
Mai 1960	3.6	35.4	54.1	6.9		418	51.64	0.67	± 0.11
Avril 1961	1.1	41.2	54.2	3.5		1 566	51.60	0.58	± 0.05
Total Nb	38	928	1 292	107		2 365	51.62	0.59	± 0.04
%	1.7	39.2	54.6	4.5					
Sète (étang de Thau)									
Août 1959 - Fév. 1960	0.9	39.3	54.3	5.5		234	51.65	0.60	± 0.13
Roussillon									
Janv.-Juil. 1959	0.4	31.8	63.3	4.5		245	51.72	0.55	± 0.12
Marseille									
Novembre 1959	0.5	39.6	52.7	6.7	0.5	192	51.67	0.63	± 0.15

TABLEAU V. — Fréquence du nombre de vertèbres des alevins au cours des hivers 1958-59, 1959-60 et 1960-61.

	Répartition en % du nb. de vertèbres				Nb	Moy.	Fl. m.
	50	51	52	53			
Hiver 1958-59							
Epoque de naissance							
Décembre		38.8	53.0	8.2	85	51.68	± 0.22
Janvier	1.9	37.1	54.5	6.5	213	51.66	± 0.15
Février	2.5	32.5	62.5	2.5	40	51.65	± 0.31
Hiver 1959-60							
LT (cm)							
2.0	5.4	33.3	53.5	7.9	129	51.64	± 0.21
2.5	2.4	37.4	54.5	5.7	123	51.63	± 0.19
3.0	3.1	35.4	55.4	6.1	65	51.65	± 0.27
3.5	3.0	35.6	53.5	7.9	101	51.66	± 0.22
Hiver 1960-61							
LT (cm)							
2.5	2.2	35.6	55.5	6.7	45	51.67	± 0.32
3.0	0.8	40.4	55.6	3.2	250	51.61	± 0.12
3.5	1.7	41.0	53.0	4.3	300	51.60	± 0.12
4.0	0.7	41.0	55.3	3.0	300	51.60	± 0.12
4.5	1.0	45.0	50.7	3.3	300	51.56	± 0.13
5.0	1.7	39.3	56.3	2.7	300	51.60	± 0.12
5.5-6.0		40.9	54.9	4.2	71	51.63	± 0.23

TABLEAU VI. — Sète. Sardines de 30 à 45 mm, évolution du nombre de branchiospines.

Y \ X	30	35	40	45	fy	δy	$f_y\delta y$	$f_y\delta^2 y$
19	3	1			3	— 7	— 21	147
20					1	— 6	— 6	36
21		3			3	— 5	— 15	75
22	1	8	1		10	— 4	— 40	160
23		13	6		19	— 3	— 57	171
24		12	11		23	— 2	— 46	92
25		4	16		20	— 1	— 20	20
26		1	10		11	0	0	0
27			12	1	13	1	13	13
28			13	5	18	2	36	72
29			6	10	16	3	48	144
30			1	10	11	4	44	176
31				5	5	5	25	125
32				5	5	6	30	180
33				2	2	7	14	98
34				3	3	8	24	192
fx	4	42	76	41	Nb. = 163		— 205 + 234	1 701
$\overline{Y}$	19.75	23.14	26.0	30.24			+ 29	
δx	— 2	— 1	0	1				
$f_x\delta x$	— 8	— 42	0	41	— 50 + 41 = — 9			
$f_x\delta^2 x$	16	42	0	41	99			
$\Sigma f\delta x\delta y$	50	120	0	174	344			

Tableau de corrélation et régression de Y en X pour individus de 3 à 4,5 cm.

Mx = 39,72 — My = 26,18

Variance $\sigma^2 x$ = 15,10 — Variance $\sigma^2 y$ = 10,4

Ecart-type σx = 3,89 — Ecart-type σy = 3,23 — Covariance p = 10,60

Coefficient de corrélation r = 0,84 — Coefficient de régression by/x = 0,702

Equation de la droite de régression de Y en X: Y — 26,18 = 0,702 (X — 39,72)

TABLEAU VII. — Sète. Sardines de 50 à 125 mm, évolution du nombre de branchiospines.

Y \ X	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	fy	δy	fyδy	fyδ²y
29		1																		
30	1																1	—11	—11	121
31	7																1	—10	—10	100
32	5																7	—9	—63	567
33	9	1															5	—8	—40	320
34	5	2	1														10	—7	—70	490
35	4	1	2														8	—6	—48	288
36		2	7	1													7	—5	—35	175
37		3	6	5													10	—4	—40	160
38			6	3	1												14	—3	—42	126
39			1	2	1												10	—2	—20	40
40			1	2	1	1	1										4	—1	—4	4
41							1										6	0	0	0
42							1										1	1	1	1
43							1	2									1	2	2	4
44							1	1									3	3	9	27
45								1									2	4	8	32
46								1	2		1						1	5	5	25
47								1	2	4							1	6	6	36
48										4		3	1				3	7	21	147
49										2	1	3	2	1		2	7	8	56	448
50										1	1	3	1	1			4	9	36	324
51											2	1	4	3	1		3	10	30	300
52											3					1	2	11	22	242
53											2					1	6	12	72	864
54											3					2	9	13	117	1 521
55											2					1	7	14	98	1 372
56													2		1		10	15	150	2 250
57																1	3	16	48	768
58																3	1	17	17	289
59																2	3	18	54	972
60																1	2	19	38	722
61																1	1	20	20	400
																	1	21	21	441
fx	31	10	24	13	3	1	5	6	4	11	10	10	10	5	1	10	Nb. = 154		—383	13 576
																			+831	
$\overline{Y}$	32.71	34.80	36.83	37.92	39.0	40.0	42.0	44.67	47.50	49.09	52.2	53.2	54.40	54.4	56.0	57.80			+448	
δx	—5	—4	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10				
fxδx	—155	—40	—72	—26	—3	0	+5	+12	+12	+44	+50	+60	+70	+40	+9	+100	—296 +402 = +106			
fxδ²x	775	160	216	52	3	0	5	24	36	176	250	360	490	320	81	1 000	3 948			
Σfδxδy	1 130	208	225	54	3	0	10	56	90	396	610	792	1 008	576	144	1 780	7 082			

Tableau de corrélation et régression de Y en X pour les individus de 5 à 12,5 cm

Mx = 78,44
Variance σ^2x = 629,08
Ecart-type σx = 25,05

My = 42,91
Variance σ^2y = 79,69
Ecart-type σy = 8,93

Covariance p = 219,92
Coefficient de corrélation r = 0,98
Coefficient de régression by/x = 0,35

Equation de la droite de régression de Y en X : Y —42,91 = 0,35 (X —78,44)

TABLEAU VIII. — Sète. Sardines de 130 à 180 mm, évolution du nombre de branchiospines.

Y \ X	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	f_y	δy	$f_y \delta y$	$f_y \delta^2 y$
52			1									1	— 8	— 8	64
53	1				1	1	1					4	— 7	— 28	196
54	1	2	1	4	2	3	1	3	1			18	— 6	— 108	648
55	1	1	2	8	7	9	9	2		1		40	— 5	— 200	1000
56	1	10	15	20	19	25	34	7	4	1		136	— 4	— 544	2176
57	2	12	16	30	39	45	48	16	5	2		215	— 3	— 645	1935
58	4	12	25	50	60	66	59	27	7	3		313	— 2	— 626	1252
59	2	6	8	52	78	107	91	37	22	3	1	407	— 1	— 407	407
60	2	9	28	52	77	103	101	46	9	1	2	430	0	0	0
61	1	6	9	33	62	109	97	51	16	7	2	393	1	393	393
62		4	10	28	42	74	78	40	11	4	1	292	2	584	1168
63		3	10	9	27	47	50	32	12	5	4	199	3	597	1791
64		1	4	2	17	30	29	21	8	4	3	119	4	476	1904
65		1	1	1	4	22	10	10	6		1	56	5	280	1400
66			1		2	7	11	5	2			28	6	168	1008
67				1	2		6	1	1	2		13	7	91	637
68					1							1	8	8	64
69							1					1	9	9	81
70							1	1				2	10	20	200
fx	15	67	131	290	440	648	627	299	104	33	14	Nb. = **2 668**		— 2 566 + 2 626	16 324
$\overline{Y}$	57.53	58.64	59.21	59.41	59.78	60.19	60.22	60.68	60.78	61.09	62.28			+ 60	
δx	— 5	— 4	— 3	— 2	— 1	0	+ 1	+ 2	+ 3	+ 4	+ 5				
$f_x \delta x$	— 75	— 268	— 393	— 580	— 440	0	+ 627	+ 598	+ 312	+ 132	+ 70	— 1 756 + 1 739 = — 17			
$f_x \delta^2 x$	375	1 072	1 179	1 160	440	0	627	1 196	936	528	350	7 863			
$\Sigma f \delta x \delta y$	185	364	312	500	96	0	149	426	236	164	160	2 592			

Tableau de corrélation et régression de Y en X pour individus de 13 à 18 cm

Mx = 154,95 — My = 60,04 — Covariance p = 4,86
Variance $\sigma^2 x$ = 73,68 — Variance $\sigma^2 y$ = 6,12 — Coefficient de corrélation r = 0,23
Ecart-type σx = 8,56 — Ecart-type σy = 2,47 — Coefficient de régression by/x = 0.066

Equation de la droite de régression de Y en X : Y — 60,04 = 0,066 (X — 154,95)

TABLEAU IX. — Sète. Sardines de 150 à 180 mm, évolution du nombre de branchiospines.

Y \ X	150	155	160	165	170	175	180	fy	δy	fyδy	fyδ²y
53	1	1	1					3	—7	—21	147
54	2	3	1	3	1			10	—6	—60	360
55	7	9	9	2		1		28	—5	—140	700
56	19	25	34	7	4	1		90	—4	—360	1440
57	39	45	48	16	5	2		155	—3	—460	1395
58	60	66	59	27	7	3		222	—2	—444	888
59	78	107	91	37	22	3	1	339	—1	—339	339
60	77	103	101	46	9	1	2	339	0	0	0
61	62	109	97	51	16	7	2	344	1	344	344
62	42	74	78	40	11	4	1	250	2	500	1000
63	27	47	50	32	12	5	4	177	3	531	1593
64	17	30	29	21	8	4	3	112	4	448	1792
65	4	22	10	10	6		1	53	5	265	1325
66	2	7	11	5	2			27	6	162	972
67	2		6	1	1	2		12	7	84	588
68	1							1	8	8	64
69			1					1	9	9	81
70			1	1				2	10	20	200
fx	440	648	627	299	104	33	14	Nb. = 2 165		—1829 +2371	13 228
$\overline{Y}$	59.78	60.19	60.22	60.68	60.78	61.09	62.28			+542	
δx	—2	—1	0	1	2	3	4				
fxδx	—880	—648	0	299	208	99	56	—1 528 + 662 = — 866			
fxδ²δx	1 760	648	0	299	416	297	224	3 644			
Σfδxδy	192	—126	0	213	164	88	128	659			

Tableau de corrélation et régression de Y en X pour individus de 15 à 18 cm

Mx = 158,0 — My = 60,25 — Covariance p = 2,02
Variance σ^2x = 38,08 — Variance σ^2y = 6,05 — Coefficient de corrélation r = 0,13
Ecart-type σx = 6,17 — Ecart-type σy = 2,46 — Coefficient de régression by/x = 0,053

Equation de la droite de régression de Y en X : Y —60,25 = 0,053 (X —158,0)

TABLEAU X. — Marseille. Sardines de 150 à 180 mm, évolution du nombre de branchiospines.

Y \ X	150	155	160	165	170	175	180	fy	δy	fyδy	fyδ²y
55				2				2	—7	—14	98
56	1				4			5	—6	—30	180
57			1	4	2	2		9	—5	—45	225
58	2	1		3	1	7	1	15	—4	—60	240
59	1	1		3	8	2	1	16	—3	—48	144
60	1	1	7	4		2	1	19	—2	—38	76
61	2	3	3	9	6	1	3	27	—1	—27	27
62		1	4	4	4	3	4	20	0	0	0
63	1	3	1	7	10	6		28	1	28	28
64		1	2	3	1	5	1	13	2	26	52
65		1		1	1	1	2	6	3	18	34
66				1	1	1		3	4	12	48
67				1	3	1		5	5	25	125
68					1		1	2	6	12	72
69						1		1	7	7	49
70				1	1			2	8	16	128
fx	8	12	18	43	46	32	14	Nb. = 173		—262 +144	1 546
$\overline{Y}$	59.50	61.66	61.05	61.09	61.43	61.56	62.14			—118	
δx	—3	—2	—1	0	1	2	3				
fxδx	—24	—24	—18	0	46	64	42	—66 +152 = +86			
fxδ²x	72	48	18	0	46	128	126	438			
Σfδxδy	60	8	17	0	—26	—28	6	37			

Tableau de corrélation et régression de Y en X pour individus de 15 à 18 cm

Mx = 167,49 — My = 61,32 — Covariance p = 2,76
Variance σ^2x = 57,12 — Variance σ^2y = 8,47 — Coefficient de corrélation r = 0,13
Ecart-type σx = 7,56 — Ecart-type σy = 2,91 — Coefficient de régression by/x = 0,048

Equation de la droite de régression de Y en X : Y —61,32 = 0,048 (X —167,49).

TABLEAU XI. — Roussillon. Sardines de 150 à 180 mm, évolution du nombre de branchiospines.

X / Y	150	155	160	165	170	175	180	fy	δy	$f_y\delta y$	$f_y\delta^2 y$
53			1					1	—6	—6	36
54	1	1	2	1				5	—5	25	125
55	1	2	2	2				7	—4	28	112
56	3	1	8	3	2	3		20	3	—60	180
57	3	4	4	13	6	4		34	—2	—68	136
58	4	11	7	11	5	4	3	45	—1	—45	45
59	1	8	4	9	7	3	3	35	0	0	
60	2	7	13	5	5	1	1	34	1	34	34
61	3	6	3	13	4	3	2	34	2	68	136
62	2	2	8	6	4	4		26	3	78	234
63		1	5	2	1	1		10	4	40	160
64	1		4	2			1	8	5	40	200
65		1	4		2		1	8	6	48	288
66			1					1	7	7	49
67							1	1	8	8	64
68			1					1	9	9	81
69						1		1	10	10	100
fx	21	44	67	67	36	24	12	Nb. = 271		—232 +342	1 980
$\overline{Y}$	58.57	59.00	59.89	59.12	59.50	59.50	60.75			+110	
δx	—3	—2	—1	0	1	2	3				
$f_x\delta x$	—63	—88	—67	0	36	48	36	—218 +120 = —98			
$f_x\delta^2 x$	189	176	67	0	36	96	108	672			
$\Sigma f\delta x\delta y$	27	0	60	0	18	27	63	195			

Tableau de corrélation et régression de Y en X pour individus de 15 à 18 cm

Mx = 163,19 — My = 59,41 — Covariance p = 4,33
Variance $\sigma^2 x$ = 58,95 — Variance $\sigma^2 y$ = 7,12 — Coefficient de corrélation r = 0,21
Ecart-type σx = 7,68 — Ecart-type σy = 2,67 — Coefficient de régression by/x = 0,074

Equation de la droite de régression de Y en X : Y —59,41 = 0,074 (X —163,19)

TABLEAU XII. — Répartition mensuelle des sardines du Golfe du Lion en fonction du stade d'évolution sexuelle pour l'année 1959.

SETE

Mois	Males										Femelles									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII-2	Moy.	Nb.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII-2	Moy.	Nb.
Fév.	3.0	17.9	26.9	14.9	7.5	7.5	17.9	4.5	4.2	67		10.2	10.2	29.9	10.2	11.7	21.2	6.6	4.8	137
Mars ...		84.2	13.2					2.6	2.3	38		70.6	28.3					1.1	2.3	92
Avr.		94.1	4.4				1.5		2.1	68	1.5	53.4	39.7				0.8	4.6	2.6	131
Mai	0.9	79.2	19.4					0.5	2.2	217		18.5	68.4	13.1					2.9	275
Juin	0.4	84.4	15.2						2.1	263		28.8	70.4	0.8					2.7	240
Juil.		92.9	7.1						2.1	242		39.5	59.7	0.8					2.6	233
Août ...	1.2	47.6	50 8	0.4					2.5	248	1.2	16.7	48.6	33.5					3.1	257
Sept. ...	5.3	35.3	56.0	2.9	0.5				2.6	207	0.5	10.3	70.1	18.2	0.9				3.1	214
Oct.	1.2	25.9	49.4	19.8	3.7				3.0	81	1.8	18.7	61.6	15.2	2.7				3.0	112
Nov.		10.4	40.6	27.2	10.4	7.3	3.1	1.0	3.8	96		6.5	34.1	49.3	8.0	1.4	0.7		3.7	138
Total ...										1 527										1 829

ROUSSILLON

Janv. ..						88.9	11.1		6.1	9						80.0	20.0		6.2	15
Mars ...		81.8							2.9	12		61.1	27.8					11.1	2.8	17
Avr.		88.9	7.4					18.2	2.3	28		39.5	53.5					7.0	2.9	42
Mai		87.5	12.5					3.7	2.1	16		25.0	75.0						2.8	16
Juil.		60.0	38.2	1.8					2.4	54		29.4	64.7	5.9					2.8	36
Août ...		6.7	93.3						2.9	15		5.3	36.8	57.9					3.5	19
Total ...										134										145

MARSEILLE

Nov.			10.4	33.3	26.0	18.8	9.4	2.1	4.9	96			15.5	22.7	37.1	17.5	7.2		4.8	97
Total ...																				193

TABLEAU XIII. — Taille des jeunes sardines pêchées dans les canaux de Sète entre avril et juillet.

Date	Taille (en mm)													Nb.	Moy.
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90		
11 Avril ..				3										3	45
22	3	22	27	14	5	2								73	40,2
3 Mai ...	1	10	25	5	2									43	39,7
7		12	24	23	24	6	1	1						91	44,7
11	1	2	1	2	11	3	17	14	2	1	1			55	57,6
14		9	16		2									27	39,0
24	3	13	16	22	52	51	23	11	5		3	1	2	202	52,1
15 Juin ..							1	1			2	3		7	77,1
17							1	1	1	2	1	2	2	10	77,5
18 Juillet..							1			2		1		4	74,8
Total	8	68	109	69	96	62	44	28	8	5	7	7	4	515	

TABLEAU XIV. — Variation saisonnière des contenus stomacaux de 2.772 sardines provenant de la région de Sète.

CC très fréquent, C fréquent, + moyennement fréquent, r rare, rr très rare.

Eléments observés	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.
Protistes										
Péridiniens										
Ceratium tripos, C. furca, C. macroceros	C	+	r	+	rr					
Foraminifères										
Globigerinidés	rr						rr			
Acanthaires										
Débris de spicules		r		CC	+					
Radiolaires										
Aulacanthidés		r								
Siphonophores										
Diphiidés										
Lensia et *Muggiaea*	rr							rr		
Crustacés										
Entomostracés										
Copépodes										
principalement : *Calanus minor, Centropages typicus, C. kroyeri, Microsetella rosea, Oithona nana, Paracalanus parvus* et d'autres espèces	C	CC	CC	C	+	C	+	CC	CC	C
secondairement : *Centropages hamatus, Corycaeus speciosus, C.* sp., *Euterpina acutifrons, Oithona helgolandica, Oncaea* sp., *Temora stilifera*, etc.										
Cladocères										
Podon sp., *Evadne spinifera, E. tergestina*	rr			r	rr	C	r			
Cirripèdes										
Larves *nauplius* et *cypris*						r				
Malacostracés										
Décapodes										
Larves de Brachycures, Macroures, Notopodes (*Porcellana*) et de Paguridés; *alima, erychthus* de Stomatopodes	+	+	+	+	CC	C	C	+	+	r
Schizopodes										
Mysis de Mysidacés					CC	r				
Amphipodes										
Jeunes Caprelliens et Gammariens					rr				rr	
Mollusques										
Véligères de Lamellibranches et de Gastéropodes			C	+	+	+		r	r	
Ptéropodes (*Creseis virgula*)								rr		
Chaetognathes										
Sagitta sp.	rr	rr	rr	rr	rr			rr		
Annélides										
Larves de Polychètes			rr		rr					
Tuniciers										
Appendiculaires (*Oikopleura*)		rr		rr					rr	
Poissons										
Œufs de sardine, sprat, anchois et de Soléidés, larves de sardine, sprat, anchois et d'autres poissons	rr	rr			rr	rr	rr	rr		
Diatomées										
Rhizosolenia, Thalassiothrix, Biddulphia	+	+	r					+	+	
Coscinodiscus	r	+	r	+	r					r
Pleurosigma					rr					rr
Chlorophycées										
Halosphaera viridis	r		r							

TABLEAU XV. — Variations mensuelles de l'adiposité (en pourcentage).

	Mâles						Femelles						Nb. total
	M	PG	G	TG	Nb.	Moy.	M	PG	G	TG	Nb.	Moy.	
SETE													
Février	23,9	44,8	31,3		67	II.07	29,9	40,1	28,5	1,5	137	II.02	204
Mars	28,9	31,6	39,5		38	II.11	29,3	37,0	33,7		92	II.04	130
Avril	2,9	7,4	75,0	14,7	67	III.01	3,0	9,2	71,0	16,8	132	III.02	199
Mai	0,5	5,5	24,4	69,6	217	III.63	0,7	5,1	17,8	76,4	275	III.70	492
Juin		0,4	9,9	89,7	263	III.89		0,4	7,1	92,5	240	III.92	503
Juillet			4,1	95,9	242	III.96			0,9	99,1	233	III.99	475
Août			4,4	95,6	248	III.96			7,8	92,2	257	III.92	505
Septembre	0,5	1,4	18,4	79,7	207	III.77		0,9	22,4	76,7	214	III.76	421
Octobre		6,2	29,6	64,2	81	III.58		8,0	50,0	42,0	112	III.34	193
Novembre		1,0	36,5	62,5	96	III.61	0,7	2,2	63,8	33,3	138	III.30	234
ROUSSILLON													
Janvier	11,1	88,9			9	I.89	6,7	93,3			15	I.93	24
Mars	8,3	25,0	66,7		12	II.58	11,8	52,9	23,5	11,8	17	II.35	29
Avril		3,6	50,0	46,4	28	III.43		9,6	45,2	45,2	42	III 36	70
Mai			32,0	68,0	16	III.69			31,3	68,7	16	III 69	32
Juillet			13,0	87,0	54	III.87			5,6	94,4	36	III.94	90
Août			13,3	86,7	15	III.87			5,3	94,7	19	III.95	34
MARSEILLE													
Novembre	5,2	14,6	53,1	27,1	96	II.02	4,1	14,4	77,4	4,1	97	II.81	193

TABLEAU XVI. — Variation mensuelle du poids moyen (en grammes) en fonction de la taille.

Date	Long. (mm)	125-129	130-134	135-139	140-144	145-149	150-154	155-159	160-164	165-169	170-174	175-179	180-184	Nb.
SETE														
25-V					26.5	27.7	28.1	30.5	32.6	34	38.8	40.8	41	97
27								30.6	32.9	35.9	40.1	40.1	46.3	86
30						29.4	29.7	30.4	32.9	38.5	39.5	41.0		94
	Moy.				26.5	28.55	28.9	30.5	32.8	36.13	39.47	40.63	43.65	
4-VI				22.3	24.4	26.3	28.1	30.7	33.75	35.0				100
12						27.0	29.0	31.2	33.5	36.0				92
17				20.0	24.1	26.7	29.3	31.4	33.9	35.0	37.0			101
26						27.7	29.3	31.6	33.3	36.8				96
30						28.3	29.2	31.6	34.9	36.8				113
	Moy.			21.15	24.25	27.20	28.98	31.30	33.87	35.92	37.0			
6-VII						27.5	29.1	32.1	34.0	36.3	38.0			110
10						28	29.2	31.3	34.8	36.3				108
17					23	25.8	28.7	30.9	33.1	36.7				96
25						23.5	27.3	31.6	33.3	37.6	39.6	40.5		103
	Moy.				23.0	26.20	28.57	31.47	33.80	36.73	38.80	40.5		
6-VIII						27.0	28.4	29.6	31.6	35.0	37.3			116
13						24.5	29.0	30.5	32.3	35.2	40.0			107
19					23.3	25.9	28.7	30.7	31.8	36.0	39.5			119
27		17.6	20.8	22.8										25
31		17.5				26.4	29.6	31.7	33.9	35.9	40.0		45.0	137
	Moy.	17.55	20.8	22.8	23.3	25.95	28.92	30.63	32.4	35.52	39.2		45.0	
23-IX				21.0		28.5	30.7	32.4	34.3	37.7	40	42.5		131
28			19.5	21.6	23.7	26.2	29.3	31.5	34.5	38.0	38.0	39.0		142
	Moy.		19.5	21.3	23.7	27.35	30.0	31.95	34.4	37.85	39.0	40.75		
3-XI				22.3	24.1	25.7	27.9	31.7	33.9	35.3	38.0	40.5	45.5	105
Moyenne générale		17.55	20.15	21.67	24.16	26.78	28.92	31.16	33.44	36.21	38.91	40.63	44.45	2 078
ROUSSILLON														
31-VII	La Nouvelle				27.5	29.1	30.3	33.7	35.1	36.9	37.7			90
31-VIII	Barcarès					28.5	31.3	35.5	36.1	38.7	43.0			34

TABLE DES FIGURES

FIGURES — Pages

1. — Carte du golfe du Lion indiquant les principales zones de pêche de sardines 10
2. — Répartition mensuelle de la taille pour la région de Sète pendant la période de pêche (février à novembre 1959) 13
3. — Répartition mensuelle (en %) des mâles et des femelles pour la région de Sète en 1959 14
4. — Répartition mensuelle de la taille moyenne des mâles et des femelles pour la région de Sète 15
5. — Moyenne de la maturité sexuelle par taille dans la région de Sète en été 1959 16
6. — Moyenne de la maturité sexuelle par taille dans la région de Sète en automne 1959 16
7. — Moyenne de la maturité sexuelle par taille dans la région de Sète en hiver 1959 17
8. — Répartition mensuelle de la taille pour le Roussillon et la région de Marseille 18
9. — Répartition mensuelle (en %) des mâles et des femelles dans le Roussillon et la région de Marseille en 1959 19
10. — Répartition mensuelle de la taille moyenne des mâles et des femelles dans le Roussillon en 1959 19
11. — Courbe de la variation de l'indice céphalique en fonction de la taille pour les sardines du golfe du Lion 20
12. — Comparaison de l'indice céphalique moyen pour les sardines de différentes régions 21
13. — Courbe de la variation de l'indice prédorsal en fonction de la taille pour les sardines du golfe du Lion 22
14. — Comparaison de la valeur de l'indice prédorsal pour les sardines de différentes régions 23
15. — Polygones de variations du nombre de vertèbres chez les sardines adultes de la région de Sète 25
16. — Graphique de la moyenne vertébrale des alevins et variations de la température de l'eau dans la zone de ponte pour les hivers 1958-59, 1959-60 et 1960-61 26
17. — Polygones de variation des moyennes vertébrales pour les sardines de différents secteurs du golfe du Lion 28
18. — Moyenne vertébrale des sardines méditerranéennes et atlantiques. Répartition géographique 29
19. — Distribution du nombre moyen des branchiospines pour les sardines de 3 à 18 cm. Région de Sète .. 30
20. — Distribution du nombre moyen de branchiospines pour les sardines de 15 à 18 cm. Marseille, Sète et Roussillon 31
21. — Evolution de la maturité sexuelle moyenne des sardines du golfe du Lion au cours de la saison de pêche 1959 35
22. — Œuf indéterminé voisin des œufs de sardines et embryon donné par un tel œuf après éclosion en laboratoire 39
23 à 25. — Œufs de sardines présentant des caractères particuliers 40
26. — Ecaille d'une sardine de 14,5 cm âgée de 2 ans révolus 45
27. — Ecaille d'une sardine de 3 ans pêchée le 25 juillet 1959 45
28. — Exemple d'écaille présentant un faux anneau (sardine de 6 cm pêchée le 18 juillet 1959) 45
29. — Exemple d'écaille présentant un anneau intérieur valable et un faux anneau (sardine de 8,4 cm pêchée le 18 juillet 1959) 45
30. — Evolution de la forme de la sagitta en fonction de la taille des sardines 46
31. — Courbe de croissance des sardines du golfe du Lion au cours de la première année 47
32. — Variation de la valeur de L1 pour 341 sardines d'âges différents pêchées en hiver 1959 à Sète 48
33. — Evolution mensuelle de l'adiposité pour les sardines mâles et femelles de la région de Sète 55
34. — Evolution mensuelle de l'adiposité pour les sardines mâles et femelles du Roussillon 56
35. — Evolution du poids moyen en fonction de la taille pour les sardines de 13 à 20 cm pêchées près de Sète en 1959 58
36. — Deux types d'anomalies chez les sardines. A sardine « naine » de 83 mm. B sardine présentant un développement anormal de la nageoire caudale 61
37. — Vertèbres caudales d'une sardine « naine » 61
38. — Variation de la température de l'eau de mer à 5 et 25 m dans la zone de pêche, Sète 1959 67
39. — Variation de la salinité de l'eau de mer à 5 et 25 m dans la zone de pêche, Sète 1959 68
40. — Bancs de sardines en formation de nuit en dehors de la période de pleine lune, près de Collioure 71
41. — Bancs de sardines au lever du jour devant Canet-plage .....
42. — Bancs de sardines en formation de nuit en période de pleine lune devant Canet-plage .....
43. — Schéma des principaux déplacements effectués par les jeunes sardines et par les adultes près de Sète en 1959 74
44. — Rendement moyen hebdomadaire en sardines par bateau 76
45. — Tonnage des sardines débarquées au port de Sète pendant les années 1957 à 1959 77
46. — Importance relative des différents ports sardiniers du Languedoc au cours des années 1957 à 1959 .. 78
47. — Répartition mensuelle des apports, en pourcentage, pour les ports du Languedoc au cours des années 1957 à 1959 79
48. — Tonnage des sardines débarquées au port de Collioure pendant les années 1957 à 1960 80

DEUXIEME THESE

PROPOSITION DONNÉE PAR LA FACULTÉ

Données récentes sur l'application de méthodes sérologiques à l'étude des races et des populations chez les Téléostéens.

Vu et approuvé :

Paris, le 19 mars 1962.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

Signé : MARC ZAMANSKY

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

Signé : JEAN ROCHE